

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТРАНСПОРТНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ
ТОВ «МТЗК»**

А.М. ОНИЩЕНКО

А.М. КРАВЧУК

О.Я. КРАВЧУК

О.А. КРАВЧУК

Д.А. БЕСПАЛОВ

**ВОДОПОСТАЧАННЯ І ВОДОВІДВЕДЕННЯ.
ТЕПЛОГАЗОПОСТАЧАННЯ І ВЕНТИЛЯЦІЯ**

*Навчальний посібник для студентів галузі знань
19 «Архітектура та будівництво» спеціальностями:
192 «Будівництво та цивільна інженерія»
освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр»;
194 «Гідротехнічне будівництво,
водна інженерія та водні технології»*

Київ, 2024

*Затверджено на засіданні вченої ради
Національного транспортного університету,
протокол № 4 від 14.04.2023 року*

Рецензенти: д-р техн. наук, проф. **В.Я. Савенко** (НТУ);
д-р техн. наук, проф. **В.М. Трач** (НУВГП);
д-р техн. наук, проф. **А.В. Мішутін** (ОДАБА);
д-р техн. наук, проф. **О.В. Шимановський** (УПСК).

**Онищенко А.М., Кравчук А.М., Кравчук О.Я.,
Кравчук О.А., Беспалов Д.А.**

О58 Водопостачання і водовідведення. Теплогазопостачання і вентиляція: навчальний посібник / А.М. Онищенко, А.М. Кравчук, О.А. Кравчук, О.Я. Кравчук, Д.А. Беспалов. Київ: Видавництво Людмила, 2024. 180 с.
ISBN 978-617-555-205-6

У представленому навчальному посібнику розглянуто основні положення дисциплін водопостачання і водовідведення, теплогазопостачання і вентиляція. Основна увага в посібнику приділена особливостям проектування і розрахунку зовнішніх і внутрішніх санітарно-технічних мереж і систем житлових, громадських і промислових будівель.

Для полегшення засвоєння теоретичного матеріалу в посібнику після розгляду кожного розділу наведені питання для самоперевірки.

Матеріал підготовлений відповідно до програми дисципліни «Водопостачання і водовідведення. Теплогазопостачання і вентиляція» і розрахований на студентів транспортних і будівельних вищих навчальних закладів, які навчаються за спеціальностями: 192 «Будівництво та цивільна інженерія»; 194 «Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології».

© Онищенко А.М., Кравчук А.М.,
Кравчук О.Я., Кравчук О.А.,
Беспалов Д.А., 2024

ЗМІСТ

ВСТУП	5
СТИСЛІ ІСТОРИЧНІ ВІДОМОСТІ	6
РОЗДІЛ 1. ВОДОПОСТАЧАННЯ	8
1.1. Оцінка ресурсів водоспоживання.....	8
1.2. Загальна характеристика систем водопостачання.....	9
1.3. Розрахунок витрат води в системах водопостачання населених пунктів.....	11
1.4. Водозабірні споруди.....	15
1.5. Очисні споруди систем водопостачання.....	23
1.6. Насосна станція II підйому	27
1.7. Водоводи і міські водопровідні мережі.....	29
Запитання для самоперевірки.....	41
РОЗДІЛ 2. САНІТАРНО-ТЕХНІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ БУДІВЕЛЬ	42
2.1. Загальна характеристика внутрішніх систем і схем водопостачання	42
2.2. Трубопроводи, арматура і обладнання.....	47
2.3. Методика розрахунку внутрішніх санітарно-технічних мереж.....	50
2.4. Системи протипожежного водопроводу.....	57
2.5. Особливості влаштування систем гарячого водопостачання..	61
2.6. Внутрішні системи водовідведення.....	70
Запитання для самоперевірки.....	77
РОЗДІЛ 3. ВОДОВІДВЕДЕННЯ	78
3.1. Основні схеми зовнішніх водовідвідних мереж.....	78
3.2. Улаштування водовідвідних мереж.....	81
3.3. Каналізаційні насосні станції.....	85
3.4. Очисні споруди систем водовідведення.....	86
3.5. Дощова мережа водовідведення.....	91
Запитання для самоперевірки.....	93
РОЗДІЛ 4. ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ БУДІВЕЛЬ	94
4.1. Загальні відомості.....	94
4.2. Системи теплопостачання.....	94
4.3. Джерела централізованого теплопостачання.....	98
4.4. Визначення теплової потужності об'єктів теплопостачання...	101

4.5. Теплові мережі.....	104
4.6. Опалення будівель.....	113
Запитання для самоперевірки.....	128
РОЗДІЛ 5. ГАЗОПОСТАЧАННЯ.....	129
5.1. Загальні відомості.....	129
5.2. Склад і загальні характеристики газів.....	131
5.3. Улаштування зовнішніх газових мереж.....	133
5.4. Улаштування внутрішніх систем газопостачання будівель.....	141
5.5. Розрахунок систем газопостачання.....	146
Запитання для самоперевірки.....	151
РОЗДІЛ 6. ВЕНТИЛЯЦІЯ ТА КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ.....	153
6.1. Загальні положення.....	153
6.2. Основні характеристики атмосферного повітря.....	153
6.3. Вентиляція будівель.....	156
6.4. Визначення необхідного повітрообміну.....	159
6.5. Гідравлічний розрахунок і обладнання систем вентиляції.....	162
6.6. Системи кондиціювання повітря.....	171
Запитання для самоперевірки.....	178
ЛІТЕРАТУРА.....	179

ВСТУП

Пропонований навчальний посібник підготовлено відповідно до навчальної програми з дисципліни «Водопостачання і водовідведення. Теплогазопостачання і вентиляція» для студентів галузі знань 19 «Архітектура та будівництво», спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія». Мета посібника – дати студентам знання, потрібні для правильного розуміння основних положень дисципліни, методів проєктування та інженерного розрахунку споруд і пристроїв систем водопостачання і водовідведення, теплогазопостачання і вентиляції.

Представлений в навчальному посібнику матеріал може бути базою для ознайомлення студентів з основними положеннями цивільної інженерії в будівельній галузі.

Навчальний посібник складається з вступу і шести основних розділів. У кожному з них висвітлено питання, які належать до окремих самостійних тем або навіть цілих курсів дисципліни. Зокрема, наведено загальні відомості про санітарно-технічні системи різного призначення окремих будівель і споруд. Надано стисло історичну довідку про розвиток санітарно-технічних систем і їх сьогоденний стан в Україні. Охарактеризовано споруди й обладнання для забору води з підземних і поверхневих джерел. Приведено основні показники якості води питної якості, розглянуто конструкції споруд по її підготовці, обладнання і мережі для подачі води до споживачів. Представлено системи відведення використаних господарсько-побутових і дощових вод, способи їх очищення і умови скидання в навколишні водні об'єкти. Розглянуто особливості влаштування внутрішніх санітарно-технічних систем житлових і громадських будівель. Відповідна увага приділена підготовці і транспортуванню гарячої води систем опалення і гарячого водопостачання. Наведено необхідні відомості по видобутку, транспортуванню і експлуатації газових мереж і внутрішнього газового господарства. В окремому розділі представлено дані по забезпеченню необхідної якості повітря в приміщеннях. Розглянуто особливості проєктування, розрахунку обладнання систем вентиляції і кондиціонування повітря.

Після кожного розділу розміщено запитання для самоперевірки і засвоєння представленого матеріалу.

В кінці посібника наведено список спеціальної і діючої нормативної літератури, рекомендованої студентам для поглибленого вивчення дисципліни.

СТИСЛІ ІСТОРИЧНІ ВІДОМОСТІ

Забезпечення населення водою і теплом протягом багатьох століть було одним із пріоритетних напрямків діяльності людини.

Перші історичні відомості про збудовані споруди водопостачання і водовідведення відносяться до 3 тисячоліття до н.е. у давньоіндійському місті Мохенджо-Даро. Починаючи з 2500 р. до н.е., подібні споруди виникають у Єгипті, Вавилоні, Китаї. Широко відомі водопровідні і водовідвідні системи Давньої Греції і Давнього Риму, зокрема, акведуки для подачі води до населених пунктів. До цього ж часу в цих країнах відносяться системи опалення, передачі тепла і приготування гарячої води у будівлях громадських купалень. Пристрої для забезпечення направленою потоку повітря для інтенсифікації роботи примітивних плавильних споруд відомі ще до початку бронзового віку.

У середні віки питанням подачі і відведення води та опалення будівель приділяли мало уваги. У Європі перші відомості про системи водопостачання і водовідведення належать до XI–XII ст. Зокрема, у XII ст. водопровід був побудований у Парижі, в XIII ст. – у Лондоні, у XV ст. – у містах Німеччини. У Київській Русі перший водопровід функціонував в XI–XII ст. у Новгороді.

У XV столітті Леонардо Да Вінчі запропонував ідею відцентрового насоса. У 1700 році французький фізик Папен вперше побудував відцентровий насос примітивної конструкції. Класична схема і конструкція одноколісного відцентрового насоса була запропонована 1846 р. Андревсом у США. Його дослідження також привели до створення спрощеної конструкції багатоступінчатого насоса, яку у 1875 році вдосконалив і надав сучасної форми знаменитий вчений Рейнольдс (Англія).

Поршневий насос, прототип сучасних компресорів і вентиляторів був винайдений німецьким фізиком Геріке у 1640 році.

У другій половині XVIII століття з'явилися циліндричні повітродувні машини. Для їх роботи почали широко застосовуватися парові машини.

Наступним етапом розвитку даного напрямку було застосування парових повітродувок, що швидко витіснили міхи, хоча міхи забезпечували дешевше дуття. Лише там, де були великі запаси гідравлічної енергії, наприклад, у Швеції, водяні колеса збереглися як двигуни для повітродувних машин до першої половини XX століття.

У 1889 році в Бельгії на заводі у місті Серен з'явилися поршневі газоповітродувки. Вони поступово замінили парові. Це були вже машини

внутрішнього згорання. Такі повітродувки мали високий ККД. З 1905 року почали застосовуватись турбінні повітродувки, що також називалися вентиляторами високого тиску. Турбоповітродувки по мірі збільшення своєї потужності ставали все більш економічними. Вони вдосконалювались протягом всього ХХ століття і використовуються дотепер. З 1943 року у низці європейських країн, а потім у США було введено у експлуатацію газотурбоповітродувки.

В цей же час отримали свій активний розвиток системи теплопостачання. Суттєвий внесок у розвиток науки про передачу тепла вніс М.В. Ломоносов (1711 – 1765). В своїй роботі «Роздуми про причини теплоти і холоду» (1750) він висловив думку, що теплота є формою руху дрібних частинок тіла.

Наприклад, пара була використана вперше для обігріву оранжерей у 1745 році. Перша система водяного опалення побудована в 1834 році. Повітряне опалення і централізовані системи вентиляції були застосовані в 60-х роках ХІХ століття.

Особливо інтенсивний розвиток централізованих системи водопостачання і водовідведення, в зв'язку розвитком промислового виробництва, дістали в ХІХ ст. (Нью-Йорк – 1799 р., Лондон – 1839 р., Одеса – 1849 р., Вашингтон – 1859 р., Ялта – 1874 р., Харків – 1880 р., Полтава – 1900 р., Пекін – 1910 р.).

У Києві перший централізований водопровід був збудований у 1872 р., централізована система водовідведення – у 1894 р., артезіанські свердловини – у 1895 р.

Початок ХХ ст. в області техніки теплопостачання характеризується появою багатьох новинок, таких як: 1903 р. – розробка і впровадження системи парового опалення; 1905 р. – розробка і впровадження панельно-променистого опалення, яке тоді отримало назву «паробетонним» при теплоносії парі і «водобетонним» – при теплоносії воді; 1909 р. застосована система водяного опалення з штучною циркуляцією теплоносія; 1924 р. вперше використана теплофікаційна установка з тепловою мережею по якій подавалась перегріта вода. Газифікація об'єктів різного призначення була розпочата лише в 20-х роках ХХ століття.

В останній час системи водопостачання, водовідведення, теплогазопостачання і вентиляції отримали своє подальше вдосконалення і розвиток, що повинно забезпечити комфортні умови перебування людей в житлових, громадських і виробничих приміщеннях.

РОЗДІЛ 1

ВОДОПОСТАЧАННЯ

1.1. Оцінка ресурсів водоспоживання

Як відомо, 70% відсотків поверхні земної кулі вкрито водою, при цьому загальний запас води на планеті становить 1,5 млрд. км³. З них 97,2% (1,46 млрд км³) міститься в морях і океанах і тільки 2,8% (0,04 млрд. км³) – на континентах. Основна частина вод мінералізована і непридатна для використання. За оцінками фахівців, прісної води на планеті приблизно 31,0 млн. км³, з них 97% зосереджено в полярних шапках і гірських льодовиках, приблизно 0,8 млн. км³ становлять підземні води, 120000 км³ – вода в озерах та болотах і тільки 12000 км³ – в річках. При цьому треба мати на увазі, що людство витрачає на свої потреби, в тому числі в енергетиці й промисловості, приблизно 12000 км³ води на рік.

Слід зазначити, що наявні запаси прісної води по континентах розподілені дуже нерівномірно. Наприклад, в середньому на Америку припадає 45% всіх запасів, Азію – 28%, Європу – 15,5%, Африку – 9%, Австралію – 2,5%.

На континентах ця нерівномірність розподілу ще більш виражена. Найменш забезпеченими водою вважають країни Південної та Північної Африки, Східної та Південно-Західної Азії.

Україна за водозабезпеченістю посідає одне з останніх місць у Європі. В нашій країні на одну людину водних ресурсів припадає 1 тис. м³/рік, а в маловодні роки цей показник може зменшуватися до 0,6 тис. м³/рік. Для порівняння: в Польщі сумарні запаси водних ресурсів на одну людину оцінюються як 1,72 тис. м³/рік, в Казахстані – 2 тис. м³/рік, Швеції і Німеччині – 2,5 тис. м³/рік, Франції – 3,5 тис. м³/рік, Великій Британії – 5,0 тис. м³/рік, США – 6,8 тис. м³/рік, Австрії – 7,7 тис. м³/рік, Канаді – 219 тис. м³/рік.

Крім загального незадовільного водозабезпечення, в Україні значною є нерівномірність розташування водних об'єктів на її території. В західних та північних областях України на одну особу припадає 1–3 тис. м³/рік, у центральних та північно-східних – 0,45–1 тис. м³/рік, у південних та південно-східних – менш як 0,45 тис. м³/рік.

На території України зареєстровано 63119 річок, з них дев'ять великих, 81 – середніх, 63029 – малих. При цьому їхній річний потенційний водний ресурс становить 209,8 км³/рік. Запас підземних вод у цьому басейні

оцінюється як 12,8 км³ на рік.

Найбільшою водною артерією і джерелом води в Україні є річка Дніпро: її річний стік дорівнює 53 км³. В середньому витрата р. Дніпро в районі м. Києва становить 1600 м³/с (для порівняння: витрата найбільш повноводної річки планети Амазонки – 200000 м³/с).

Загальний забір води в Україні на народногосподарські, виробничі і сільськогосподарські потреби становить близько 24,8 км³ води на рік. З них 43% споживає промисловість, 44% – сільське і рибне господарство, 13% – комунальне господарство. При цьому 54% всього об'єму води забирають з поверхневих джерел, 32% – з підземних, 14% – з шахтно-рудних вод.

1.2. Загальна характеристика систем водопостачання

Водопостачання являє собою комплекс інженерних систем, об'єктів і заходів, які забезпечують забір, очистку, подачу та використання води споживачами. Принципова схема систем водопостачання і водовідведення населеного пункту приведена на рис. 1.1.

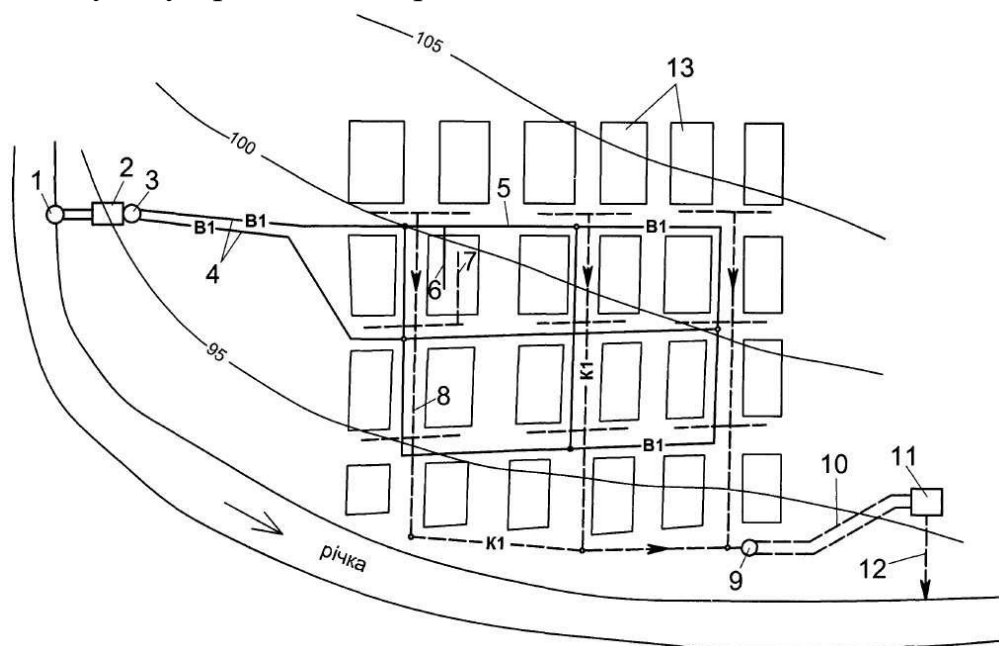


Рис. 1.1. Принципова схема розміщення систем водопостачання і водовідведення населеного пункту:

- 1 – водозабірна споруда (насосна станція I підйому); 2 – споруди для очищення води; 3 – насосна станція II підйому; 4 – водоводи; 5 – міська водопровідна мережа;
- 6 – внутрішньоквартальна (внутрішньобудинкова) мережа водопостачання;
- 7 – внутрішньоквартальна (внутрішньобудинкова) мережа водопостачання; 8 – міська мережа водовідведення; 9 – головна каналізаційна насосна станція; 10 – водоводи;
- 11 – очисні споруди системи водовідведення; 12 – випуск у водойму

На представленому рисунку позиції 1–6 стосуються системи водопостачання, а позиції 7–12 – системи водовідведення. Зазвичай, розглядати і проєктувати обидві системи слід паралельно, оскільки вони тісно пов'язані між собою.

Залежно від виду обслуговуваного об'єкта системи водопостачання поділяють на **міські, виробничі, сільськогосподарські** та ін. Якщо системи водопостачання забезпечують водою окремі райони або групи різних населених пунктів й інших об'єктів, їх називають **районними** або **груповими**.

За призначенням системи водопостачання поділяють на **господарсько-питні** (позначення на планах і схемах креслень – **В1**), які подають воду питної якості на господарські (приготування їжі, миття посуду і підлог, прання білизни та ін.), гігієнічні (умивальники, душі, ванни, бані) і питні потреби населення і працівників підприємств; **протипожежні (В2)** – подають воду для гасіння пожеж (вода може бути як питною, так і не питною); **виробничі (В3)** – забезпечують водою виробничі потреби промислових підприємств (якість води залежить від технології виробництва). У разі потреби можуть бути застосовані **об'єднані** системи водопостачання, які являють собою довільну комбінацію наведених систем. Наприклад, в об'єднану господарсько-питну і протипожежну систему подається вода питної якості, яка може бути використана на господарсько-питні і протипожежні потреби споживачів.

Відповідно до рельєфу місцевості, на якій розміщені споживачі води і величини вільних напорів, системи водопостачання поділяють на одно- і багатозонні. За відносно невеликого перепаду напорів застосовують **однотонні системи**, за великих перепадів – **багатотонні**.

За способом транспортування води водопровідні системи поділяють на напірні і безнапірні. **Напірними** називають системи, в яких вода рухається під дією насосів або завдяки різниці геометричних відміток в різних точках мережі. При цьому трубопроводи працюють повним перерізом. **Безнапірними** (самопливними) називають системи, трубопроводи яких працюють неповним перерізом.

За ступенем надійності подачі води водопровідні системи поділяють на три категорії. У системах **першої** категорії можна знижувати подачу води протягом трьох діб на господарсько-питні потреби не більше, ніж на 30% (населені пункти з населенням більше 50 тис. мешканців), а на виробничі – за аварійним графіком. Згідно з **другою** категорією допускається зниження подача води на 10 діб, а перерва в подачі – на 6 год. До неї належать населені пункти з чисельністю населення від 5 до 50 тис. мешканців. У системах

третьої категорії можна знижувати подачу води на 15 діб, а перерва в подачі може становити 24 год. До неї належать населені пункти з чисельністю мешканців менше 5 тисяч.

1.3. Розрахунок витрат води в системах водопостачання населених пунктів

Наведена на рис. 1.1 загальна схема систем водопостачання і водовідведення населеного пункту дає уявлення тільки про склад споруд і їхнє взаємне розміщення. Конкретні параметри і характеристики цих систем визначають за спеціальними розрахунками, вони залежать від величини витрати води, яку треба подати або відвести від споживачів, а також від режимів роботи систем і споруд.

Загальна максимальна добова витрата питної води на потреби населеного пункту являє собою суму витрат на господарсько-питні потреби населення ($Q_{доб.мах}$), витрат на потреби промислових підприємств ($Q_{доб.підп.}$) і полив території ($Q_{доб.пол.}$):

$$Q_{доб.мах.міста} = Q_{доб.мах} + Q_{доб.підп.} + Q_{доб.пол.} \quad (1.1)$$

Витрата питної води на потреби населення залежить від чисельності мешканців у населеному пункті і норми водопостачання.

Нормою водопостачання називають об'єм води, який використовується одним споживачем за одиницю часу. Для населення ця норма залежить насамперед від ступеня благоустрою будинків (наявності того чи іншого санітарно-технічного обладнання) і місцевих кліматичних умов (у великих містах України максимальна добова норма водопостачання становить $q^{tot} = 125\text{--}285$ л/добу). Для виробничих підприємств норма водопостачання, яку розраховують на одиницю виготовлюваної продукції, залежить від технології виробництва.

Норму споживання води можна визначати окремо для холодної (q^c) і для гарячої (q^h) систем водопостачання. Загальна норма водоспоживання холодної і гарячої води становить (q^{tot}).

Відповідно до чинних будівельних норм і правил [2] розрізняють норми водопостачання за добу (q_u , л/добу) (максимальну, середню) і за годину ($q_{hr,u}$, л/год.) (максимальну, середню), а також за секунду – для конкретного санітарного приладу (q_0 , л/с). Середньодобову витрату води споживачем за рік на господарсько-питні і побутові потреби житлових будівель, а також громадських підприємств (лазні, пральні, школи, їдальні тощо) називають

питомими витратами. До питомих не належать витрати на потреби споживачів у будинках відпочинку, лікарнях, санаторно-туристичних комплексах та оздоровчих таборах.

Як відомо, споживання води на господарсько-питні потреби і відведення використаних стічних вод в населеному пункті є нерівномірним протягом доби. Ця нерівномірність залежить від багатьох факторів, зокрема від чисельності населення, пори року, географічного положення, днів тижня.

Приклад графіка погодинного водоспоживання і водовідведення населеного пункту в робочі і вихідні дні наведено на рис. 1.2.

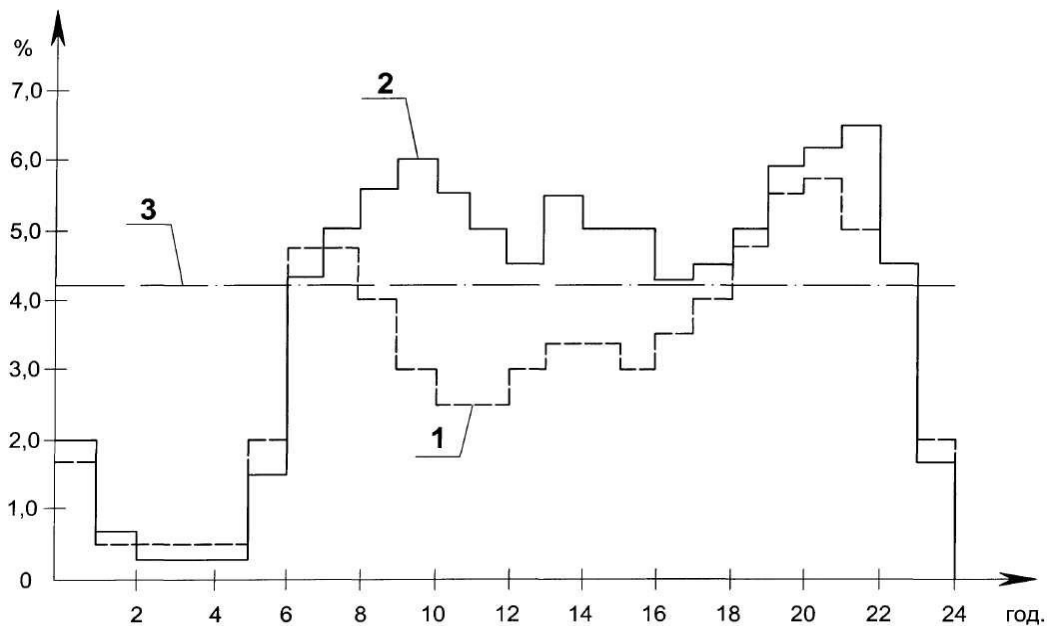


Рис. 1.2. Ступінчастий графік водопостачання і водовідведення населеного пункту:
1 – робочий день; 2 – вихідний день; 3 – середньогодинна витрата

На графіку на осі абсцис відкладено години доби, на осі ординат – відсоток витрати добового водоспоживання і водовідведення. Позиції 1 і 2 позначають витрату води, яка подається насосною станцією другого підйому (Н.ст. II п.) до міста, позиція 3 – графік подавання води насосною станцією першого підйому (Н.ст. I п.).

Ще більшою є нерівномірність водоспоживання в межах однієї години, однак відобразити годинну нерівномірність у конкретних розрахунках важко.

Розрахунок витрати води на господарсько-питні і побутові потреби та водовідведення міста виконують у такій послідовності:

– визначають загальну чисельність населення в місті за формулою, чол.:

$$N = p \cdot S, \quad (1.2)$$

де p – щільність населення, чол./га; S – площа житлової забудови міста (га),

яку розраховують за планом міста, не беручи до уваги площу вуличних проїздів і зелених насаджень;

– обчислюють середньодобову витрату води населенням за формулою, м³/добу:

$$Q_{\text{доб.м}} = \frac{q_{\text{u.м}} \cdot N}{1000}, \quad (1.3)$$

де $q_{\text{u.м}}$ – середньодобова норма водопостачання на одного мешканця (питома витрата), л/добу (відповідно до норм [2]);

– витрати води за добу максимального ($Q_{\text{доб.маx}}$) і мінімального ($Q_{\text{доб.мін}}$) водоспоживання на господарсько-питні потреби розраховують за виразами, м³/добу:

$$Q_{\text{доб.маx}} = K_{\text{доб.маx}} \cdot Q_{\text{доб.м}}; \quad (1.4)$$

$$Q_{\text{доб.мін}} = K_{\text{доб.мін}} \cdot Q_{\text{доб.м}}, \quad (1.5)$$

де $K_{\text{доб.маx}} = (1,1-1,3)$; $K_{\text{доб.мін}} = (0,7-0,9)$ – відповідно максимальний і мінімальний коефіцієнт добової нерівномірності водоспоживання міста [1].

Коефіцієнт добової нерівномірності водоспоживання відображає життєвий уклад населення, режим роботи підприємств, ступінь благоустрою будинків, зміни водоспоживання за порами року і днями тижня. Більшою є нерівномірність водоспоживання за відносно невеликої чисельності населення, слабого розвитку промисловості і більших сезонних коливань температури.

Чисельно коефіцієнт добової нерівномірності дорівнює відношенню максимальної ($Q_{\text{доб.маx}}$) або мінімальної ($Q_{\text{доб.мін}}$) добової витрати до середньодобової протягом року витрати води ($Q_{\text{доб.м}}$):

$$K_{\text{доб.маx}} = Q_{\text{доб.маx}}/Q_{\text{доб.м}}; \quad K_{\text{доб.мін}} = Q_{\text{доб.мін}}/Q_{\text{доб.м}}. \quad (1.6)$$

Нерівномірність водоспоживання об'єктів протягом однієї години характеризується величиною максимального ($K_{\text{год маx}}$) і мінімального ($K_{\text{год мін}}$) коефіцієнтів годинної нерівномірності водоспоживання, які являють собою відношення максимальної ($q_{\text{маx(маx)}}$) або мінімальної ($q_{\text{мін(маx)}}$) годинної витрати за добу максимального водоспоживання до середньої годинної витрати за добу максимального водоспоживання ($q_{\text{м(маx)}}$):

$$K_{\text{год маx}} = q_{\text{маx(маx)}/q_{\text{м(маx)}}; \quad K_{\text{год мін}} = q_{\text{мін(маx)}/q_{\text{м(маx)}}. \quad (1.7)$$

Для системи водопостачання комунального сектора коефіцієнти годинної нерівномірності водоспоживання визначають за формулами:

$$K_{\text{год.маx}} = \alpha_{\text{маx}} \cdot \beta_{\text{маx}}; \quad (1.8)$$

$$K_{\text{год.мін}} = \alpha_{\text{мін}} \cdot \beta_{\text{мін}}, \quad (1.9)$$

де α – коефіцієнт, який відображає ступінь благоустрою будинків, режим роботи підприємств та інші місцеві умови (рекомендується $\alpha_{max} = 1,2-1,4$, $\alpha_{min} = 0,4-0,6$); β – коефіцієнт, який відображає чисельність мешканців в населеному пункті, визначають за нормами [1]. Розрахункові годинні витрати $q_{год.max}$ ($q_{год.min}$), м³/год, слід визначати за формулами:

$$q_{год.max} = \frac{K_{год.max} \cdot Q_{год.max}}{24}, \quad (1.10)$$

$$q_{год.min} = \frac{K_{год.min} \cdot Q_{год.min}}{24}. \quad (1.11)$$

Приблизний процентний розподіл витрат за годинами протягом доби максимального водоспоживання залежно від величини максимального коефіцієнта годинної нерівномірності водоспоживання наведено в [1].

Добова витрата води, що подається і відводиться на промисловому підприємстві, складається з двох частин: виробничі і господарсько-питні потреби працівників:

$$Q_{доб.підп.} = Q_{доб.вироб.} + Q_{доб.підп.з.п.} \quad (1.12)$$

Добова витрата води на виробничі потреби залежить від типу та кількості виготовленої продукції і визначається технологією виробництва. Вона може бути розрахована за залежністю

$$Q_{доб.вироб.} = n \cdot q_{u,вироб.}, \quad (1.13)$$

де n – кількість одиниць виготовленої продукції за добу, шт.; $q_{u,вироб.}$ – норма водопостачання або водовідведення на одну одиницю продукції, л, м³.

Добову витрату води на господарсько-питні потреби працівників розраховують за формулою:

$$Q_{доб.підп.з.п.} = N \cdot q_{u,з.п.}, \quad (1.14)$$

де N – кількість працівників, які протягом доби перебувають на підприємстві, осіб; $q_{u,з.п.}$ – добова норма водопостачання на господарсько-питні потреби одного працівника для виробничих цехів, л.

Сумарна витрата води (холодної і гарячої) на одну особу, яка працює у звичайних цехах, становить 25 літрів за зміну, а в гарячих цехах – 45 літрів.

При цьому витрати води, що подається до душових приміщень на виробництві, у наведених нормах не відображено, їх визначають окремо. Тривалість роботи душових вважають рівною 45 хв. Працюють вони протягом однієї години після кожної зміни. Зважаючи на те, що норма водопостачання на один душ групової установки становить 500 л, то годинна витрата води для

душу – $500 \cdot 45 / 60 = 375$ л. Розрахункова кількість працівників, які користуються однією душовою сіткою, залежить від умов і технології виробництва.

Добову витрату води на полив території обчислюють за залежністю:

$$Q_{\text{доб.пол.}} = q_{\text{пол.}} \cdot S / 1000 \quad [\text{м}^3], \quad (1.15)$$

де $q_{\text{пол.}}$ – норма витрати води на полив території (л/м²), визначають за нормами (для асфальтованих покриттів – 0,5 л на 1 м², для зелених насаджень – 3–6 л на 1 м²) [2]; S – площа, яку потрібно поливати, м².

У населених пунктах, щодо яких немає відомостей про площі за видами благоустрою (зелені насадження, проїзди тощо), питомі витрати на полив території можна визначати з розрахунку на одного мешканця 50 – 90 л/добу залежно від кліматичних умов, продуктивності джерела водопостачання, ступеня благоустрою та інших умов.

Розрахункову витрату (л/с) води для добору діаметрів труб і визначення втрат напору знаходять за максимальною годинною витратою:

$$q = q_{\text{max}} / 3,6. \quad (1.16)$$

Витрата води на зовнішнє пожежогасіння (10–100 л/с на одну пожежу), кількість одночасних розрахункових пожеж в населеному пункті (1–3 пожежі) залежить від кількості населення і визначається за будівельними нормами [9]. Визначаючи розрахункову кількість одночасних пожеж у населеному пункті, до них слід також додати пожежі на промислових підприємствах, розміщених на території цього населеного пункту.

1.4. Водозабірні споруди

Загальні положення

Природні джерела водопостачання поділяють на **підземні** (трубчасті бурові колодязі (свердловини), шахтні колодязі, горизонтальні водозабори, променеві водозабори, каптажі) і **поверхневі** (річки, озера, водосховища).

Для господарсько-питного водопостачання перевагу слід віддавати підземним джерелам водопостачання.

Споруди для забору води з підземних джерел

Вибір типу водозабірних споруд і схем їхнього розміщення залежить від глибини залягання водоносного пласта, його потужності, умов залягання (напірні і безнапірні водоносні горизонти), від геологічних і гідрогеологічних умов.

У випадку, коли водозабірний колодязь перетинає всю товщу

водоносного пласта і занурюється у водонепроникний ґрунт (підшва), він належить до споруд досконалого типу. Та якщо низ водозабірного колодязя не доходить до водонепроникного ґрунту і закінчується у товщі водоносного пласта – до споруд недосконалого типу.

Трубчасті бурові колодязі улаштовують шляхом буріння в землі вертикальних циліндричних каналів – **свердловин**. Вони можуть бути використані для приймання як напірних, так і безнапірних підземних вод. Найчастіше трубчасті колодязі мають діаметр 150–600 мм, глибину 100–300 м.

Зазвичай стінки свердловин укріплюють обсадними (найчастіше сталевими) трубами. В межах водоносного пласта для можливості приймання води і запобігання попаданню частинок ґрунту у свердловину колодязь обладнують спеціальними фільтрами. Тип і конструкція фільтра залежить від характеристик водоносної породи. Схему свердловини наведено на рис. 1.3.

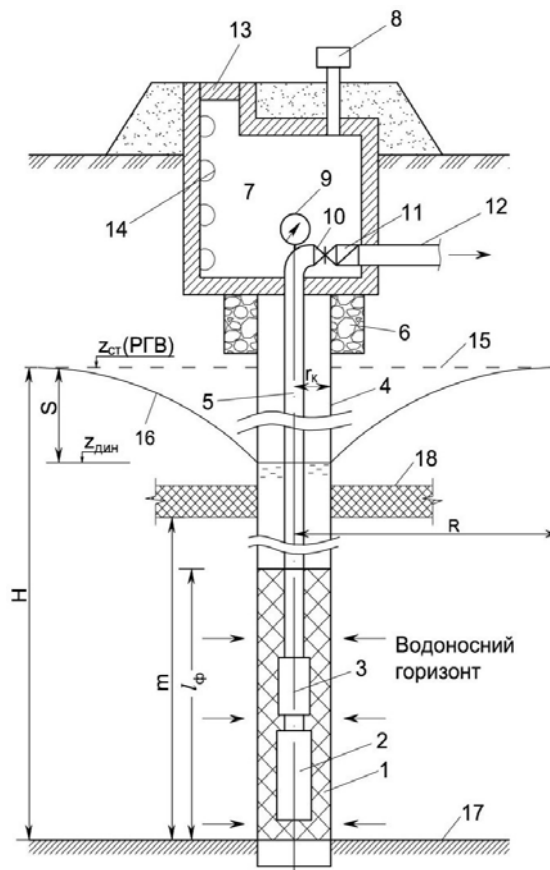


Рис.1.3. Схема улаштування свердловини:

- 1 – робоча поверхня фільтра; 2 – занурений електродвигун; 3 – занурений насос;
- 4 – обсадна труба; 5 – водопідйомна труба; 6 – гирло свердловини; 7 – павільйон (робоча камера); 8 – вентиляційна труба; 9 – манометр; 10 – засувка;
- 11 – водолічильник; 12 – напірний трубопровід; 13 – люк-лаз; 14 – ходові скоби (драбина); 15 – рівень ґрунтових вод; 16 – крива депресії; 17 – підшва;
- 18 – покрівля водоносного горизонту

До початку відкачування води у свердловині встановлюється так званий статичний рівень води $Z_{ст}$ (на відмітці рівня ґрунтових вод). Під час відкачування рівень води у свердловині знижується до динамічного з відміткою $Z_{дин}$. Зниження рівня води в свердловині становить $S = Z_{ст} - Z_{дин}$. При цьому рівень поверхні ґрунтових вод зовні свердловини поступово змінюється від позначки $Z_{дин}$ до $Z_{ст}$. Крива, по якій змінюється рівень ґрунтових вод, називається кривою депресії. Відстань від центра колодязя до точки, де крива депресії сягне рівня ґрунтових вод, називають радіусом впливу R .

Величину розглянутих параметрів, а також витрату води, яку забезпечує кожна конкретна свердловина, зазвичай визначають на підставі пробних прокачок.

У загальному випадку за сталого режиму роботи витрату досконалого колодязя ($\text{м}^3/\text{добу}$), що забирає воду з напірного водоносного пласта, визначають за формулою Дюпюї:

$$Q = \frac{2\pi K_{\phi} m S}{\ln \frac{R}{r_k}} = \frac{2,73 K_{\phi} m S}{\lg \frac{R}{r_k}}, \quad (1.17)$$

де K_{ϕ} – коефіцієнт фільтрації ґрунту, м/добу; m – потужність водоносного пласта, м; S – зниження рівня води, м; R – радіус впливу, м; r_k – внутрішній радіус колодязя, м.

Радіус впливу, залежно від складу порід водоносного пласта та величини пониження рівня води, знаходять за формулою:

$$R = 10 \cdot S \sqrt{K_{\phi}}. \quad (1.18)$$

При відомих конструктивних характеристиках свердловини її витрату (дебіт), ($\text{м}^3/\text{год}$), можна розраховувати за залежністю:

$$q_{св} = \frac{\pi D_{\phi} L_{\phi} V_{дон}}{24}, \quad (1.19)$$

де D_{ϕ} – діаметр фільтра, м; L_{ϕ} – довжина робочої частини фільтра, м; $V_{дон}$ – допустима швидкість входження води у фільтр, м/добу.

Для сітчастих і дротяних фільтрів допустиму швидкість входження води визначають за формулою:

$$V_{дон} = 65 \sqrt{K_{\phi}}. \quad (1.20)$$

Зазвичай для централізованих систем водопостачання влаштовують декілька об'єднаних трубчастих колодязів (кущ свердловин).

Витрату (дебіт) недосконалого шахтного колодязя ($\text{м}^3/\text{добу}$) можна визначити за залежністю:

$$Q = \frac{2\pi K_{\phi}(2H - S)S}{\ln \frac{1,65R}{r_k} \zeta_k}, \quad (1.21)$$

де H – глибина води в колодязі, м; S – зниження рівня, м; r_k – внутрішній радіус колодязя, м; ζ_k – коефіцієнт, який відображає недосконалість колодязя.

Радіус навколишнього впливу одиночного колодязя R зазвичай визначають за формулою:

$$R = 2S\sqrt{K_{\phi}m}. \quad (1.22)$$

З метою захисту колодязя від попадання забруднень і поверхневих вод навколо нього улаштовують відсіпку з брукового каменю (або асфальтують), а також глиняний замок в радіусі 2 м на глибину (1,5–2 м). Кожен шахтний колодязь має бути виведений на 0,8 м вище від поверхні землі і зверху закриватися кришкою. Забір води з колодязя може здійснюватись вручну або за допомогою зануреного насоса.

Споруди для забору води з поверхневих джерел

Для водопостачання з поверхневих джерел найчастіше використовують річки (в природному або зарегульованому стані), рідше озера і тільки в деяких випадках – моря.

Обираючи тип річкового водозабору, треба брати до уваги параметри, з-поміж яких найважливішими є глибина в місці водозабору, амплітуда коливання сезонних рівнів води, льодові умови, топографія берега і дна річки, характер ґрунтів.

Як відомо, русло ріки практично завжди має звивисту форму (рис. 1.5).

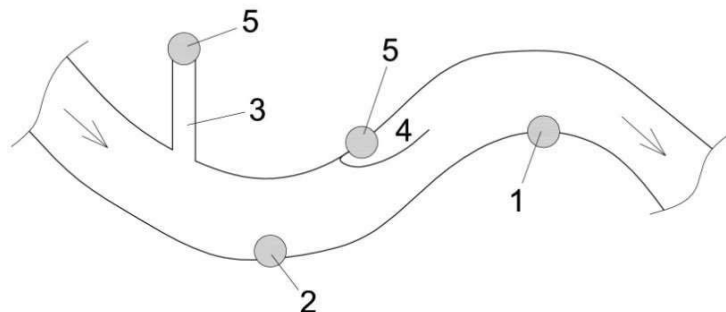


Рис. 1.5. Варіанти вибору місця улаштування водозабірної споруди:

- 1 – водозабір біля опуклого берега; 2 – водозабір біля ввігнутого берега;
- 3 – водозабірний ківш у вигляді каналу; 4 – водозабірний ківш із дамбою;
- 5 – оптимальне місце улаштування водозабору

Біля опуклого берега річки внаслідок зменшення швидкості руху води відкладаються наноси, які переміщуються водою, біля ввігнутого берега, навпаки, через збільшення швидкості руху води, відбувається місцеве розмивання берега. Очевидно, що улаштування водозабірної споруди в таких перерізах є недоцільним, оскільки в першому випадку відбувається її замулення, в другому – розмивання.

Найбільш вдалим вважають розміщення водозабірної споруди у **водозабірному ковші**, який являє собою канал, що відводиться від основного русла, або затоку, яка утворюється спеціальною дамбою. У водозабірному ковші різко знижується швидкість руху води (0,15–0,3 м/с), що сприяє частковому осіданню завислих частинок й проясненню води. Окрім цього, використання ковшів дає змогу ефективно боротися з шугою (кришталіками льоду), яка утворюється у водному потоці в період становлення льодового покриву.

Залежно від глибини річки в місці улаштування водозабірної споруди і розміщення водоприймача розрізняють водозабори берегового, руслового і комбінованого типу.

Місце водозабору господарсько-питного призначення на річці повинно бути вищим від місця випускання стічних вод та від населеного пункту за течією ріки.

За відносно крутого берега і наявності біля нього значних глибин, що створює належні умови для забору води, улаштовують водоприймальні споруди **берегового типу**. Їх зазвичай розміщують на схилі берега з прийманням води безпосередньо з русла річки.

Водоприймальні колодязі зазвичай проєктують у вигляді опускного колодязя, розміри якого залежать від величини витрати води, що подається, а також від характеристик і розміщення встановленого обладнання.

Насоси насосної станції першого підйому можуть бути розміщені як у водоприймальному колодязі (рис. 1.6, *а*), так і в окремій споруді (рис. 1.6, *б*). Відповідно до розміщення насосів берегові водозабори називають **сумісними або роздільними**.

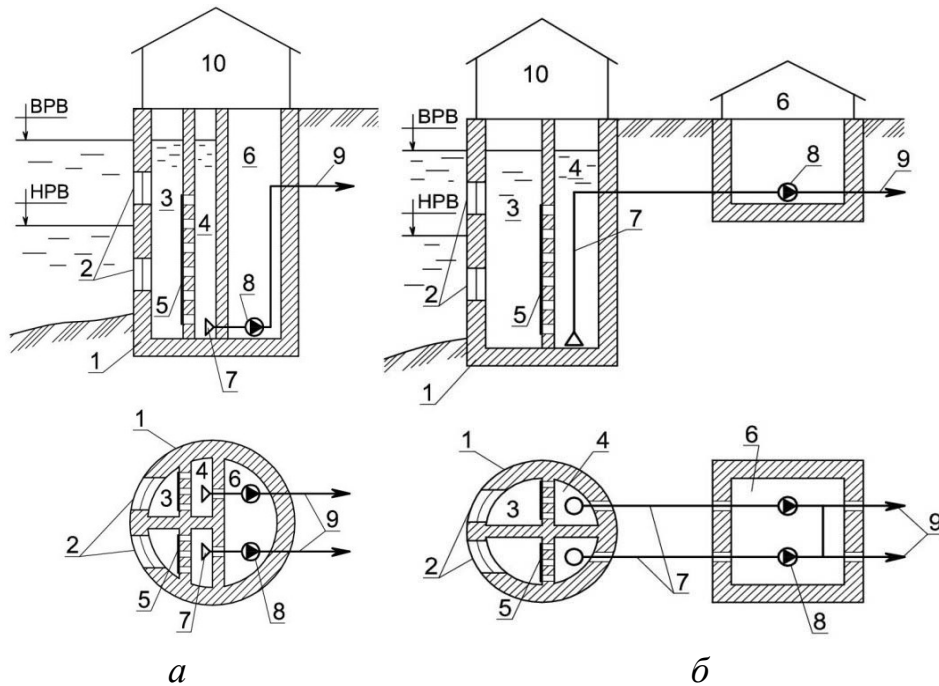


Рис. 1.6. Водозабірні споруди берегового типу:

а – сумісні; *б* – роздільні;

- 1 – водоприймальний колодезь; 2 – водоприймальні вікна з решітками;
 3 – приймальна камера; 4 – всмоктувальна камера; 5 – плоскі сітки; 6 – машинна зала (насосна станція I підйому); 7 – всмоктувальний трубопровід; 8 – насос;
 9 – напірний трубопровід; 10 – павільйон

До приймального резервуара берегового водозабору вода надходить через водоприймальні вікна, на яких встановлені решітки з прозорами між металевими стрижнями (40–50) мм, які призначені для запобігання потраплянню в колодезь відносно великих пливучих предметів. По висоті колодезя може бути декілька таких вікон. В цьому ж відділенні розміщують плоскі нерухомі або обертові сітки з ячейками розміром від 0,3x0,3 до 2x2 мм, які слугують для більш повного очищення води перед її надходженням до насосів насосної станції першого підйому (Н. ст. I п.).

Водоприймальні колодезі найчастіше виконують із залізобетону, прямокутними або круглими в плані. Для безперебійної роботи, можливості періодичного очищення і ремонту без припинення подачі води водоприймальний колодезь повинен бути розділений повздовжніми перегородками на кілька (не менше двох) секцій, які працюють паралельно.

Часто кількість секцій дорівнює кількості встановлених насосів або кількості всмоктувальних трубопроводів.

У випадку, коли глибини річки біля берега незначні, для забору води використовують водозабори **руслового типу** (рис. 1.7).

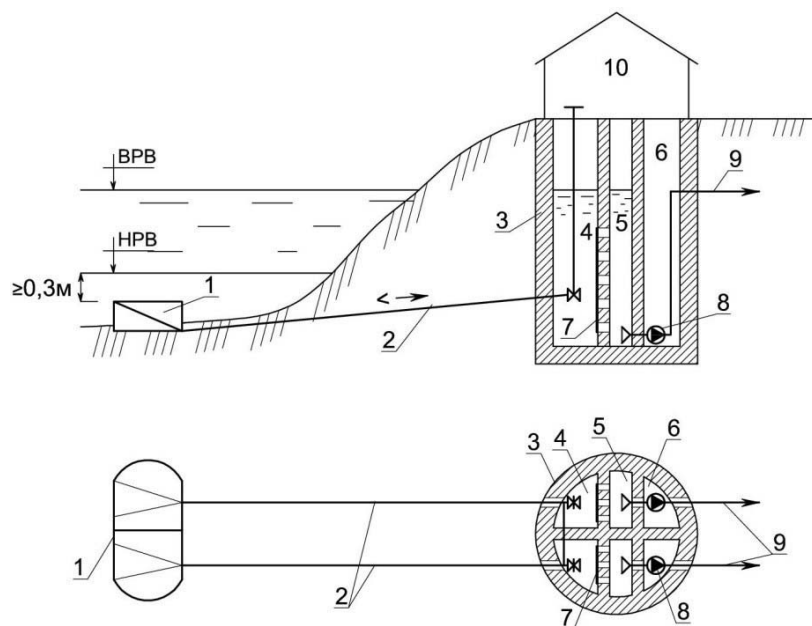


Рис. 1.7. Водозабір руслового типу:

- 1 – водоприймальний оголовок; 2 – самопливні трубопроводи; 3 – береговий колодязь; 4 – приймальна камера; 5 – всмоктувальна камера; 6 – машинна зала; 7 – плоскі сітки; 8 – насос; 9 – напірний трубопровід; 10 – павільйон

Для забору води з річки в її руслі влаштовують спеціальний приймальний оголовок, від нього воду по самопливних трубопроводах подають до берегового колодязя. Берегові колодязі також можуть бути сумісними або роздільними.

Конструкція оголовка залежить від умов його роботи (витрати води, глибини річки, льодових умов, характеру ґрунту та ін.). Застосовують оголовки трьох типів: затоплені, затоплювані високими водами і незатоплювані. Зазвичай оголовки виконують з дерева, бетону або залізобетону.

Постійно затоплені оголовки розміщують не менш ніж на 0,3 м нижче від мінімального розрахункового рівня води у водному об'єкті і на 0,2 м нижче від нижньої поверхні льоду. Їх широко застосовують для улаштування систем господарсько-питного і виробничого водопостачання. Затоплювані високими водами оголовки у період межені (мінімального рівня води) залишаються незатопленими і обслуговуються з берега, а в паводок затоплюються і недоступні для профілактики. Незатоплювані оголовки застосовуються на великих водозаборах з метою підвищення надійності подачі води.

Самопливних труб, по яких вода від оголовка надходить у колодязь, має бути стільки ж, скільки є секцій оголовка, але не менше двох. Зазвичай

самопливні лінії виконують зі сталевих труб. Для можливості їхнього промивання похил труб улаштовують від колодязя до оголовка. Швидкість руху води в цих трубах повинна бути в межах 0,7–1,5 м/с.

У практиці водопостачання часто виникає потреба у водопроводах сезонної або тимчасової дії (полив дачних майданчиків, подача води до об'єктів у період їхнього будівництва та ін.). В таких випадках зазвичай влаштовують так звані **тимчасові водозабори**, які являють собою пливучий понтон, на якому встановлено насос (рис. 1.8), що подає до споживача воду непитної якості.

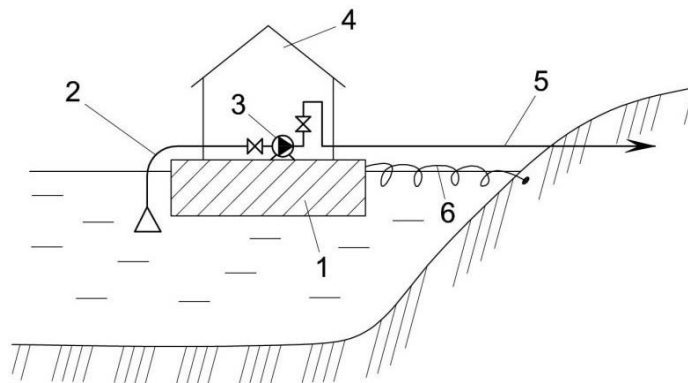


Рис. 1.8. Схема тимчасового водозабору:

- 1 – понтон; 2 – всмоктувальний трубопровід; 3 – насос; 4 – павільйон;
5 – напірний трубопровід; 6 – утримувальний канат

Проектуючи водозабори з озер, водосховищ, морів, слід мати на увазі специфіку будівництва й експлуатації таких об'єктів.

1.5. Очисні споруди систем водопостачання

Основні показники якості води з природних джерел

Склад природних вод в різних джерелах так само, як і вимоги до якості води, використовуваної окремими споживачами, суттєво відрізняються між собою. Очевидно, що вибір методів і способів очищення, а отже, і склад водопровідних очисних споруд залежить від співвідношення якісних характеристик води в джерелі, і вимог, які висувають до неї споживачі.

Якість води, яку подають на питні потреби населення, повинна відповідати ГОСТ 2874-82 «Вода питна» і затвердженим Міністерством охорони здоров'я України у 1996 році Державним санітарним правилам і нормам (ДержСанПіН) «Вода питна. Гігієнічні вимоги до якості води

централізованого господарсько-питного водопостачання». Вимоги до якості води, використовуваної для різних виробничих потреб, визначаються відомчими нормами і технічними умовами.

Показники якості води поділяються на фізичні (температура, наявність завислих речовин, кольоровість, запах, смак та ін.), хімічні (жорсткість, активна реакція (рН), наявність окремих хімічних елементів, окиснюваність та ін), біологічні та бактеріологічні (загальна кількість бактерій, колі-індекс та ін.).

Домішки у воді можуть бути у різному стані: завислому – у вигляді окремих частинок (грубодисперсні зависі); колоїдному; розчиненому.

Для визначення якості природних вод виконують аналізи. Відповідно до ГОСТ 2874-82 так званий скорочений аналіз води охоплює бактеріологічний аналіз на вміст кишкової палички (колі-індекс) і хімічний аналіз за вісьмома параметрами. Згідно з ДержСанПіНом контроль здійснюють за 20 обов'язковими параметрами.

Вода, яку використовують для господарсько-питних цілей, повинна мати такі основні показники: каламутність – не більш як 1,5 мг/л; кольоровість – не більше 20 градусів; запах і присмак – не більше 2 балів; нітрати – не більше, ніж 45 мг/л; хлориди – не більш як 350 мг/л; залізо – не більше 0,3 мг/л; залишковий хлор – до (0,3–0,5) мг/л; колі-індекс (кількість бактерій групи кишкових паличок в одному літрі води) – не більше трьох; загальна жорсткість – не більше 10 мг-екв/л; активна реакція (рН) – в межах 6,5–8,5.

Принципова схема водопровідних очисних споруд

Залежно від якості води в джерелі водопровідні очисні станції влаштовують за одно- або двоступінчастими схемами. За відносно невеликої забрудненості води її очищення здійснюється за одноступінчастою схемою, за значної – за двоступінчастою (рис. 1.9).

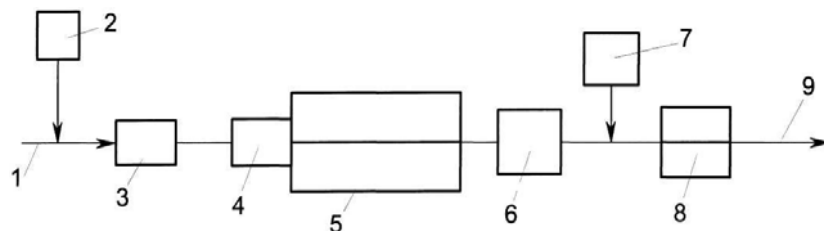


Рис. 1.9. Двоступінчаста схема водопровідних очисних споруд:

- 1 – трубопровід від насосної станції I підйому; 2 – реагентне господарство;
- 3 – змішувач; 4 – камера пластівцеутворення; 5 – відстійник; 6 – фільтри;
- 7 – хлораторна (озонаторна); 8 – резервуари чистої води (РЧВ); 9 – трубопроводи до насосної станції II підйому

Відповідно до наведеної схеми вода від насосної станції I підйому надходить у змішувач, куди подають розчин реагентів (коагулянт), який готують в приміщенні реагентного господарства. Зі змішувача вода надходить у спеціальну камеру для утворення пластівців, де відбувається їхнє формування, потім послідовно проходить відстійник і фільтр. Пояснену воду, змішану з хлором або озоном, відводять в резервуар чистої води, де вона знезаражується і зберігається протягом певного часу. Хлорну воду або озон готують у спеціальному приміщенні – хлораторній або озонаторній в установках, які називаються хлораторами або озонаторами. За одноступінчастої схеми очистки горизонтальні відстійники не використовують, прояснення води відбувається безпосередньо у фільтрах або контактних прояснювачах.

У разі потреби наведена основна схема очисних споруд господарсько-питних водопроводів може бути доповнена пристроями для видалення запахів і присмаків, для пом'якшення води та ін.

Схеми обробки підземних вод є простішими, оскільки складаються лише зі споруд для знезараження води. У разі використання підземних вод з великою жорсткістю або тих, що містять залізо, до схем їхньої обробки додають споруди для пом'якшення або знезалізнення води.

Водопровідні очисні споруди розміщують переважно недалеко від водозабору. На очищення воду подають насосами станції першого підйому по напірних трубопроводах, а по очисних спорудах вода зазвичай проходить самопливом. Кількість споруд однакового призначення на станції встановлюють за результатами розрахунків, але не менше двох, що дає очисній станції можливість працювати в періоди промивання або ремонтних робіт.

Комплекс очисних споруд повинен бути спроектований на розрахункову витрату, яка включає максимальне добове водоспоживання об'єкта, забезпечуваного водою, і водоспоживання на потреби очисної станції. Зазвичай очисні споруди розраховують на рівномірну роботу впродовж доби.

Резервуари чистої води насосна станція II підйому

Після фільтрів прояснена вода по трубопроводах надходить у **резервуари чистої води (РЧВ)**, які слугують запасними і регулювальними ємностями і розміщуються на майданчику водопровідних очисних споруд. У трубопроводі перед резервуаром для знезараження подають хлорну воду або озон. У резервуарах (зазвичай на майданчику очисних споруд їх встановлюють мінімум два) відбуваються не менш ніж 30-хвилинний контакт цих речовин з

водою. З РЧВ воду насосами насосної станції другого підйому (Н.ст.ІІ п.) подають споживачам.

Об'єм резервуарів чистої води визначають за залежністю:

$$W = W_{рег.} + W_{пож.} + W_{ст.}, \quad (1.23)$$

де $W_{рег.}$ – регулюючий об'єм, який визначають за сумісними графіками роботи насосних станцій I і II підйомів. Цей об'єм потрібен для узгодження роботи в рівномірному режимі насосної станції I підйому й очисних споруд з роботою в нерівномірному режимі насосної станції II підйому; $W_{пож.}$ – протипожежний об'єм води, потрібної для гасіння розрахункової пожежі в населеному пункті (зовнішньої і внутрішньої) протягом трьох годин; $W_{ст.}$ – об'єм води, призначений для задоволення потреб очисної станції (зазвичай 3–8 % добової витрати очисних споруд).

Схему влаштування трубопроводів у РЧВ наведено на рис. 1.10.

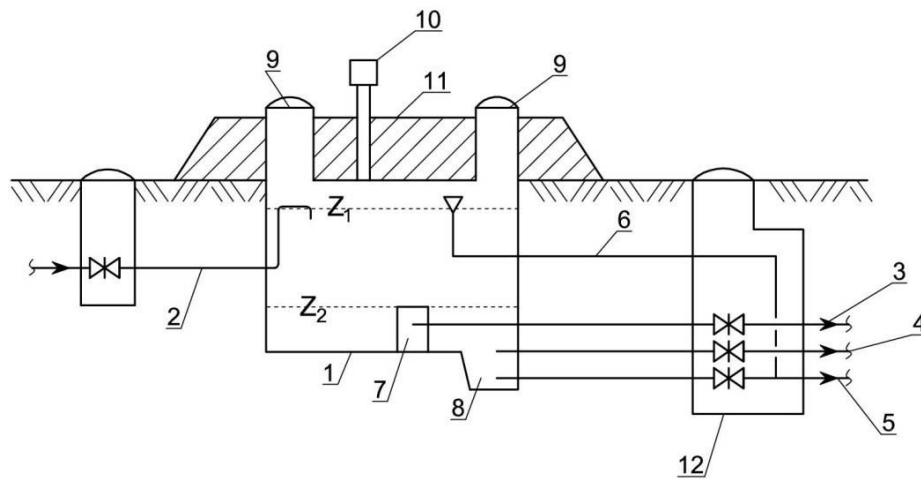


Рис. 1.10. Схема влаштування трубопроводів у РЧВ:

- 1 – конструкція резервуара; 2 – трубопровід подачі очищеної води; 3 – трубопровід відбирання води на господарсько-питні потреби; 4 – трубопровід для відбирання води на протипожежні потреби; 5 – трубопровід для випорожнення резервуара; 6 – переливний трубопровід; 7 – колодязь для недоторканного протипожежного запасу води; 8 – прямок; 9 – люк-лаз; 10 – вентиляційна труба; 11 – обвалування; 12 – камера перемикачів

Як видно на рисунку, відмітка води Z_1 означає повний об'єм резервуара (W). За відмітки води Z_2 в резервуарі міститься тільки протипожежний об'єм води ($W_{пож.}$). Об'єм води в резервуарі між відмітками Z_1 і Z_2 дорівнює сумі регульовального об'єму ($W_{рег.}$) й об'єму на власні потреби станції ($W_{ст.}$).

Однією з основних вимог щодо нормальної експлуатації РЧВ є

збереження протипожежного (недоторканного) запасу води. Для цього можуть бути встановлені спеціальні датчики рівня води або використано спеціальний колодязь (7) висотою, рівною Z_2 , з якого виходить трубопровід, що забирає воду на протипожежні потреби.

Найбільшого поширення набули залізобетонні резервуари різних форм, конструкцій, об'ємів і методів виготовлення.

1.6. Насосна станція II підйому

Водопровідні насосні станції поділяють на три категорії. На станціях першої категорії не допускається перерва в подачі води. Насосні станції цієї категорії обслуговують протипожежні й об'єднані з протипожежним водопроводи. Для станцій другої категорії допускається короткочасна перерва в подачі води на час, потрібний для вмикання резервних насосних агрегатів. Для третьої категорії допускається перерва в подачі води протягом однієї доби (час для ліквідації аварії).

Подають воду під напором до споживача за допомогою **насосів** різноманітних типів, які розрізняються принципом дії, конструкцією та ін. У централізованих системах водопостачання частіше застосовують відцентрові насоси. Насос, з'єднаний з електродвигуном, називають **насосним агрегатом**.

Основні характеристики насоса: витрата Q [$\text{м}^3/\text{с}$, л/с], напір H [м], потужність N [Вт], коефіцієнт корисної дії η . Зазвичай підбір здійснюють за таблицями або за спеціальними графіками, $(Q-H)$ – характеристиками.

На рис. 1.11 представлено приклад робочих характеристик насоса.

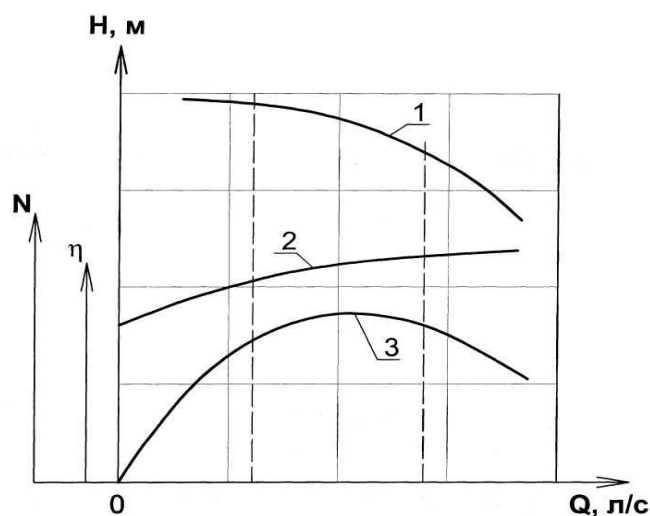


Рис. 1.11. Робочі характеристики насоса:

1 – характеристика $(Q-H)$; 2 – характеристика $(Q-N)$; 3 – характеристика $(Q-\eta)$

На наведеному графіку крива 1 відображає співвідношення витрати і напору насоса, крива 2 – співвідношення витрати і потужності насосного агрегату, крива 3 – витрату і коефіцієнт корисної дії насоса. Вертикальні лінії на кривій 1 обмежують так звану робочу зону, в якій насосний агрегат працюватиме в оптимальних умовах, тобто матиме максимальний коефіцієнт корисної дії.

Потрібну потужність насоса для подачі витрати води Q з напором H визначають за залежністю:

$$N = \frac{\rho g Q H}{\eta}, \text{кВт.} \quad (1.24)$$

Для зручності розміщення обладнання і трубопроводів насосні станції другого підйому проєктують прямокутної форми, особливо якщо потрібно розмістити в насосній станції велику кількість насосів за відносно незначного заглиблення.

У насосній станції насосні агрегати встановлюють на спеціальні відрізки бетонні фундаменти, які не повинні бути з'єднані з фундаментами будівлі насосної станції. Між окремими фундаментами і фундаментами та стіною повинен бути прохід завширшки не менш як 1 метр. Маса фундаменту повинна бути не меншою 6-кратної маси насосного агрегату. Всі напірні і всмоктувальні трубопроводи, розміщені в насосній станції, повинні бути тільки сталевими.

На рис. 1.12 як приклад схематично показано можливий варіант розміщення насосних агрегатів і трубопроводів у **насосній станції II підйому**.

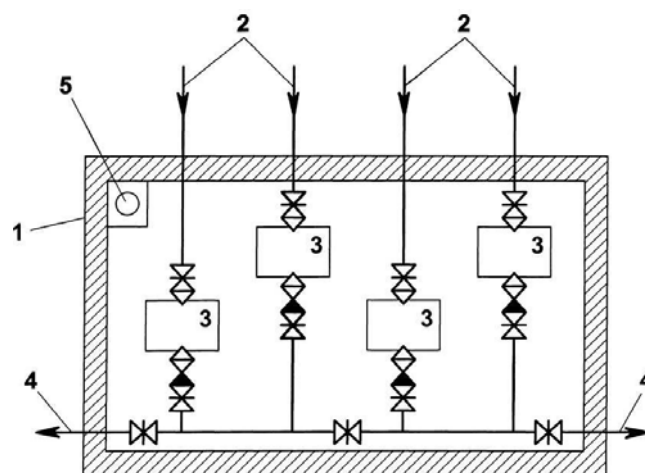


Рис. 1.12. Схема розміщення насосів і трубопроводів у Н.ст.ІІ п.:

1 – будівля насосної станції; 2 – всмоктувальні трубопроводи від РЧВ; 3 – насоси на фундаментах; 4 – напірні трубопроводи; 5 – прямик з дренажним насосом

Для зручності персоналу через трубопроводи влаштовують спеціальні переходи. Похил підлоги насосної станції проєктують у бік, з якого дренажним насосом передбачено відкачування води з насосної станції назовні.

1.7. Водоводи і міські водопровідні мережі

Водоводи

Водоводами називають напірні трубопроводи досить великої довжини, які подають воду від насосної станції до місця її використання (наприклад, від насосної станції II підйому до міської водопровідної мережі, рис. 1.1). Розбір води безпосередньо з водоводів заборонений. Водоводи проєктують за найкоротшими відстанями і прокладають під поверхнею землі з її похилом. Щодо кількості водоводів, то зазвичай будують не менше двох ліній (ниток) з улаштуванням не рідше, ніж через кожні 5 км, спеціальних камер перемикавання. При цьому зменшення подачі води в разі аварії за наявності двох ниток водоводів не повинно перевищувати 30%. За більшої кількості водоводів кожний з них має бути розрахований на пропуск не менше, ніж 50% загальної витрати. Для водоводів зазвичай використовують напірні залізобетонні труби. Схему камери перемикавання для двох ниток водоводів наведено на рис. 1.13.

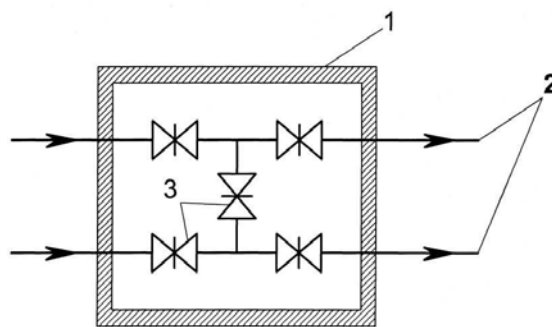


Рис. 1.13. Схема камери перемикавання двох водоводів:

1 – камера перемикавання; 2 – водоводи; 3 – засувки (запірна арматура)

Прокладаючи водоводи з похилом поверхні землі, у верхніх точках окремих ділянок труб улаштовують колодязі, в яких встановлюють спеціальні пристрої для випуску повітря (вантузи), у нижніх точках в колодязях слід встановити арматуру для можливого випорожнення труб на період аварій або ремонтних робіт.

Перетинання водоводів з автошляхами і залізничними коліями може

бути відкритим, по естакадах. У таких випадках вживають заходів для запобігання замерзанню води у водоводах у зимовий період (теплоізоляція, обігрів). На перетині з автошляхами і залізничними коліями, перерва в роботі яких не допускається, трубопроводи слід прокладати приховано, не розкриваючи дорожнього полотна (проколом у землі). Схему такого переходу наведено на рис. 1.14.

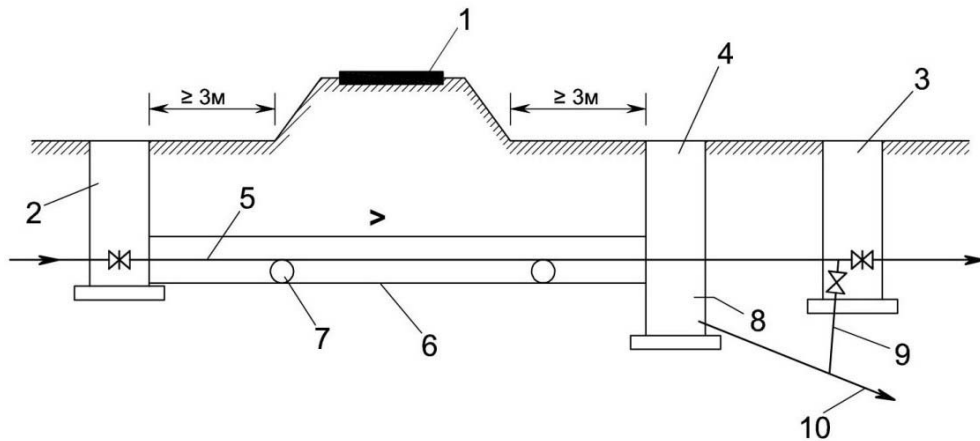


Рис. 1.14. Схема переходу через автодорогу:

- 1 – полотно дороги; 2 – верхній колодязь; 3 – нижній колодязь; 4 – контрольний колодязь; 5 – водовід (сталева труба); 6 – сталевий футляр; 7 – опори для труб; 8 – датчик рівня води в контрольному колодязі; 9 – аварійний випуск; 10 – трубопровід для випорожнення

З обох сторін дороги влаштовують робочі ділянки. З верхньої ділянки домкратами в землі продавлюють футляр (сталеву трубу діаметром, не меншим від 800 мм) з похилом до контрольного колодязя. У футлярі протягують водовід. У разі розриву труби вода по футляру стікає у контрольний колодязь, спрацьовує автоматика, засувки закриваються, і водовід на цій ділянці від'єднується від роботи.

На перетині водоводами залізничних або трамвайних колій слід подбати про захист трубопроводів від електрохімічної корозії. Для цього застосовують катодний або анодний (протекторний) захист.

У разі застосування **катодного захисту** трубопровід під'єднують до електрода зі знаком «мінус», металеві предмети (рельси, обрізки труб) – до електрода зі знаком «плюс» джерела постійного струму. При цьому металеві предмети руйнуються, а трубопровід залишається неушкодженим. Такий захист є ефективним, але потребує досить значних витрат.

Для **анодного захисту** вздовж сталевого трубопроводу встановлюють аноди з активних металів (цинк, алюміній) і з'єднують їх з трубопроводом. Від

корозії руйнуються ці активні метали, а не трубопровід.

Досить складна проблема виникає на перетині водоводами річок та інших водних перешкод. У таких випадках перехід улаштовують у вигляді дюкера (рис. 1.15).

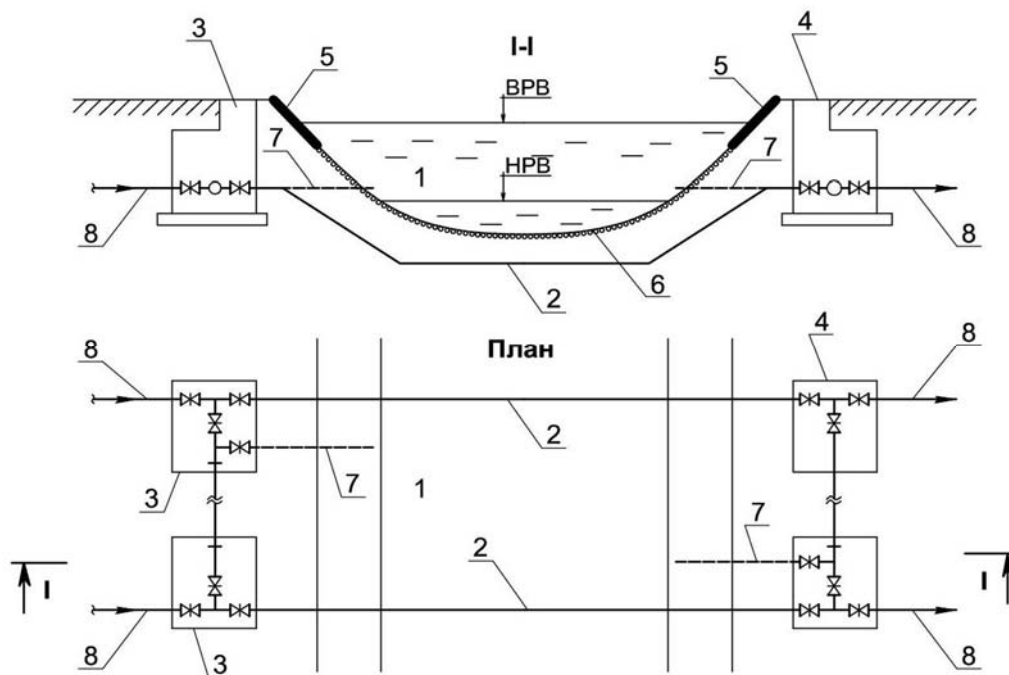


Рис. 1.15. Схема улаштування дюкера:

- 1 – водна перешкода; 2 – водовід; 3 – верхній колодязь; 4 – нижній колодязь;
- 5 – укріплення берега; 6 – укладений шар каміння (бетонних блоків);
- 7 – аварійний випуск; 8 – напірні водоводи

Дюкер прокладають мінімум у дві нитки, при цьому кожна з них повинна бути розрахована на пропуск 100% витрати води. На переходах через автодороги, залізничні колії і водяні перешкоди водоводи прокладають зі сталевих труб.

Міські водопровідні мережі

Міські водопровідні мережі призначені для транспортування і розподілення води серед споживачів на території міста. Розрізняють магістральні і внутрішньоквартальні (розподільчі) водопровідні мережі.

Магістральними називають водопровідні мережі, якими воду подають до великих кварталів міста, прокладають їх по магістральних (головних) напрямках (діаметр труб – понад 100 мм).

Внутрішньоквартальними називають водопровідні мережі, по яких воду подають від магістральних мереж до споживачів (будинків, виробничих будівель та інших об'єктів). Внутрішньоквартальні мережі зазвичай

улаштовують діаметром (65–150) мм. Внутрішньомайданчикову мережу на промисловому підприємстві часто називають **виробничою** мережею водопроводу.

Відповідно до умов роботи до водопровідних та водовідвідних мереж і споруд на них висувають такі основні вимоги:

- міцність, тобто спроможність опиратись всім можливим внутрішнім і зовнішнім навантаженням;
- герметичність (водонепроникність);
- малий опір внутрішніх поверхонь руху води;
- довговічність, тобто тривалий термін роботи;
- висока економічна ефективність.

Конфігурація водопровідної мережі в плані залежить від розмірів населеного пункту, місця розташування споживачів води, планування забудови, рельєфу місцевості, ґрунтових умов та ін. За конфігурацією водопровідні мережі можуть бути **тупиковими** (рис. 1.16, *а*) або **кільцевими** (рис. 1.16, *б*).

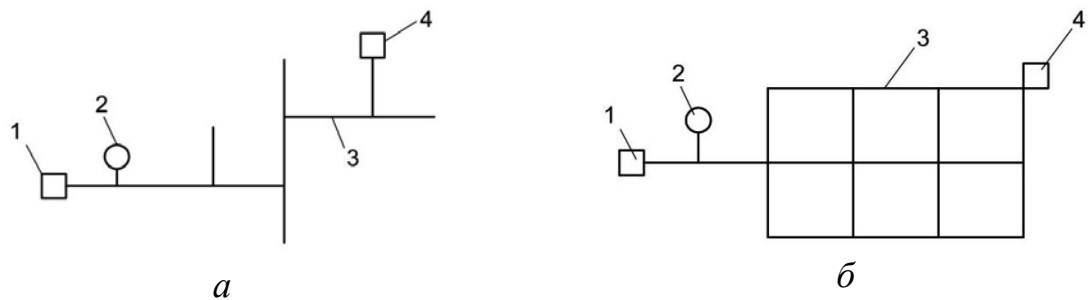


Рис. 1.16. Схеми улаштування зовнішніх водопровідних мереж в плані:

а – тупикова; *б* – кільцева;

1 – водопровідна насосна станція; 2 – водонапірна башта; 3 – розподільча мережа трубопроводів; 4 – великий споживач води (підприємство)

Тупикові (розгалужені в плані) мережі влаштовують у невеликих населених пунктах з чисельністю мешканців до 5 тис. і витратою води на зовнішнє гасіння однієї пожежі до 10 л/с. Внутрішньоквартальні мережі і мережі окремих об'єктів можуть бути спроектовані тупиковими, якщо їхня довжина не перевищує 250 м.

Для міст і великих підприємств практично завжди проєктують кільцеві мережі. Зазвичай кільцюють магістральні трубопроводи досить великого діаметра, а розподільчі труби можуть бути тупиковими. Кільцеві мережі зовнішнього водопроводу надійніші в експлуатації, ніж тупикові, але дорожчі. Зазвичай в населених пунктах магістральні трубопроводи прокладають по

головних вулицях. Для зручності експлуатації і ремонту водопроводи слід проектувати паралельно автомобільним дорогам і трубопроводам іншого призначення, по можливості там, де немає асфальтового покриття. Перетин трубопроводів між собою слід виконувати під прямим кутом. На перетині трубопроводів, які транспортують воду непитної якості, відстань між їхніми зовнішніми стінками повинна бути не менше ніж 200 мм.

На перетині водопроводу з трубопроводом водовідведення мають бути дотримані такі умови: якщо водопровідний трубопровід прокладено вище від водовідвідного – відстань між зовнішніми стінками труб становить не менше ніж 400 мм; водопровідний трубопровід знаходиться нижче від водовідвідного – відстань між зовнішніми стінками труб не менша за 400 мм. При цьому водовідвідний трубопровід прокладається з чавунних напірних труб, водопровідний – із сталевих труб у сталевому футлярі. Внутрішній діаметр футляра не менше, ніж на 200 мм, повинен перевищувати зовнішній діаметр водопровідної труби. Довжина футляра в обидва боки від точки перетину має становити 10 м в пісчаних ґрунтах і 5 м – в глинистих ґрунтах.

У разі паралельного прокладання на одному рівні трубопроводів водопостачання і водовідведення і діаметрі водопровідного трубопроводу до 200 мм відстань між ним і трубопроводом водовідведення в плані повинна бути не меншою, ніж 1,5 м, за більшого діаметра водопровідної труби – не меншою, ніж 3 м.

Приклад розміщення трубопроводів в поперечному перерізі міської магістралі наведено на рис. 1.17.

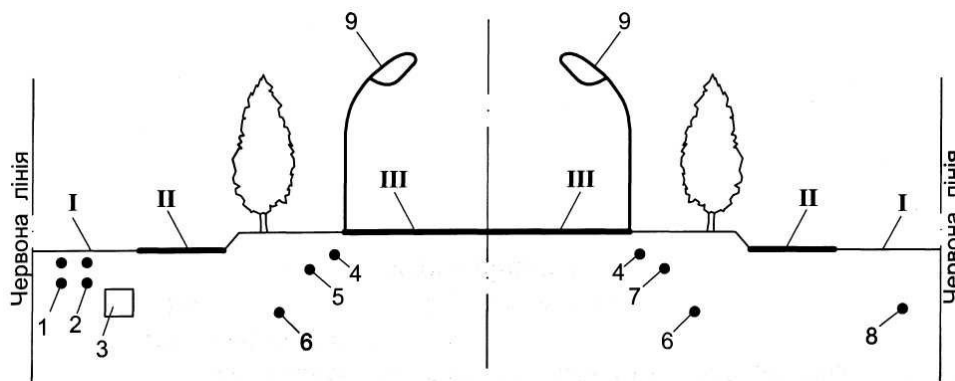


Рис. 1.17. Схема розміщення трубопроводів різного призначення в поперечному перерізі міської магістралі:

- I – вільна частина вулиці; II – пішохідна частина; III – проїжджа частина;
- 1 – кабель зв'язку; 2 – електричні кабелі; 3 – тепломережа; 4 – кабелі освітлення вулиці; 5 – трубопровід холодного водопроводу; 6 – трубопровід дощової системи водовідведення; 7 – газопровід; 8 – трубопровід господарсько-побутової системи водовідведення; 9 – освітлювальні ліхтарі

Відповідно до чинних будівельних норми [1] глибина прокладання водопровідних труб має бути на 0,5 м більша за глибину промерзання ґрунту в районі будівництва, відраховуючи від верху труби. Для міста Києва цей показник становить 1,7–1,8 м. Труби, по можливості, прокладають з похилом поверхні землі. В понижених точках в колодязях передбачається установка арматури для випускання води під час профілактичних робіт або ремонту мережі. У випадках, коли одночасно прокладають велику кількість мереж різного призначення, трубопроводи можна улаштувати в спеціальних прохідних каналах. Для будівництва водопровідних мереж використовують чавунні, залізобетонні, сталеві і поліетиленові труби. З метою запобігання корозії зовнішні поверхні труб ізолюють.

Залежно від місцевих умов труби укладають на природний ґрунт або на штучні основи (піщаний шар, залізобетонне підсилення або розстил).

Вимикання і регулювання подачі води на окремих ділянках водопровідної мережі здійснюється за допомогою спеціальної арматури, яку встановлюють у водопровідних колодязях. До найчастіше використовуваних видів арматури належать такі: засувка ($d = 65\text{--}1200$ мм) або поворотний дисковий затвор ($d = 100\text{--}600$ мм); зворотний клапан (пропускає воду тільки в одному напрямку); запобіжний клапан (для регулювання тиску в мережі); водорозбірні колонки; пожежні гідранти та ін.

Зовнішнє пожежогасіння в населеному пункті здійснюють від **пожежних гідрантів**, які встановлюють на водопровідній мережі діаметром 100 мм і більше. Відстань між гідрантами не повинна перевищувати 150 м.

Розрахунок зовнішніх міських мереж холодного водопроводу виконують для таких режимів роботи:

- режим максимального годинного водоспоживання на господарсько-питні потреби;
- режим максимального годинного водоспоживання на господарсько-питні потреби плюс пожежа;
- режим максимального годинного водоспоживання на господарсько-питні потреби плюс максимальний транзит у контррезервуар (цей режим розраховують у випадку, коли водонапірна башта у населеному пункті знаходиться не на початку мережі. Якщо водонапірна башта розміщена на початку мережі, гідравлічний розрахунок на цей режим не виконують).

У процесі розрахунку трубопроводів системи водопостачання, за відомих витрат на ділянках, треба визначити діаметри трубопроводів, втрати напору, величину п'єзометричних напорів у всіх точках системи,

підібрати потрібне насосне обладнання, за потреби розрахувати об'єм і висоту водонапірної башти.

Діаметри окремих ділянок водоводів і водопровідної мережі (м) розраховують залежно від витрати (q , м³/с), яка проходить по них, за відомою формулою:

$$D = \sqrt{\frac{4q}{\pi V}}, \quad (1.25)$$

При цьому швидкість руху води в трубах повинна бути в межах $V = 1,2-1,5$ м/с.

Водоводи і міські водопровідні мережі належать до довгих трубопроводів. Втрати напору на ділянці за довжиною таких труб розраховують за формулою Дарсі, яка може бути представлена у такому вигляді:

$$H_l = \lambda \frac{l}{D} \frac{V^2}{2g} = S_0 \cdot q^2 \cdot l = i \cdot l, \quad (1.26)$$

де l – довжина трубопроводу, м; i – гідравлічний похил, який чисельно являє собою втрати напору в мм на один погонний метр труби (втрати напору в м на один погонний кілометр труби); q – розрахункова витрата води на ділянці, м³/с; S_0 – питомий опір труби, с²/м⁶ (залежить від матеріалу і діаметра труби); V – середня швидкість руху води, м/с; D – діаметр трубопроводу, м; λ – гідравлічний коефіцієнт тертя.

Формулу Дарсі у вигляді $H_l = i \cdot l$ з огляду на її простоту найчастіше застосовують на практиці.

Втрати напору в місцевих опорах у розрахунках таких труб визначають у розмірі 5–10% втрат за довжиною. Таким чином, сумарні втрати напору на ділянці трубопроводу становлять:

$$H_{l,tot} = H_l (1 + k_l), \quad (1.27)$$

де $k_l = 0,05-0,1$ – коефіцієнт, у якому враховано втрати напору в місцевих опорах.

За послідовного з'єднання ділянок труб загальні втрати напору в них дорівнюють сумі втрат на окремих ділянках, тобто:

$$\sum H_{l,tot} = \sum H_l (1 + k_l). \quad (1.28)$$

Зазвичай у зовнішній міській водопровідній мережі розбір води окремими споживачами (будівлями) відбувається дискретно від будинку до будинку (рис. 1.18, а). Так само дискретно змінюється витрата за довжиною розподільчого водопровідного трубопроводу. Однак ця зміна,

порівняно із загальною витратою у трубі, є досить малою і за того ж діаметра труби несуттєво впливає на гідравлічні характеристики системи. Врахувати вплив змінюваної витрати після кожного конкретного під'єднання до трубопроводу складно. Цей вплив буде відчутним тільки за досить великої кількості споживачів.

Використовувати на розрахунковій ділянці трубопровід змінного перерізу неефективно через складність виконання монтажних робіт і добору труб стандартного діаметра для кожної ділянки.

Тому для практичних розрахунків розподільчих водопровідних трубопроводів умовно вважають, що зміна витрати в трубопроводі відбувається безперервно і рівномірно (рис. 1.18, б).

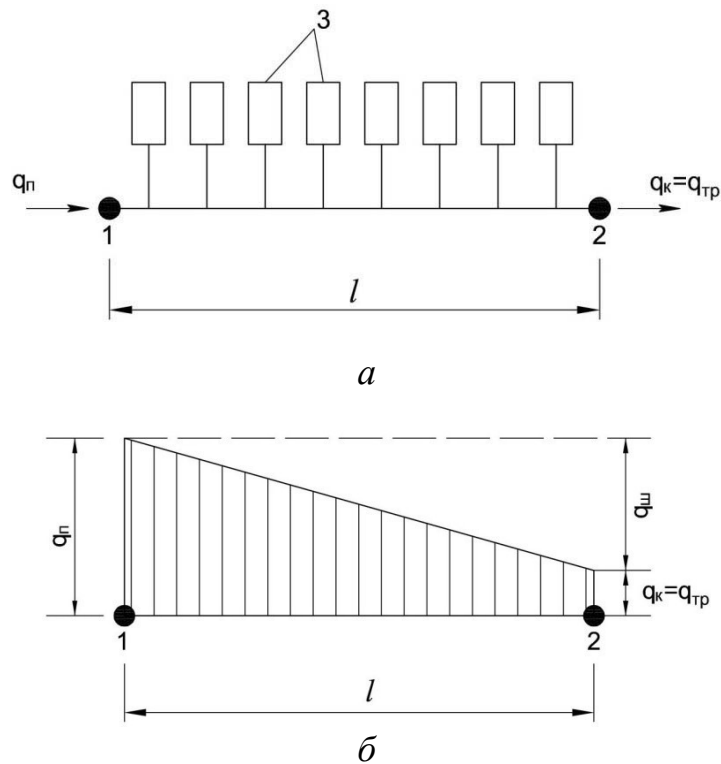


Рис. 1.18. Схема відбору води споживачами на ділянці розподільчої водопровідної мережі населеного пункту:

a – реальна; *б* – розрахункова;

1 – початок розрахункової ділянки трубопроводу; 2 – кінець розрахункової ділянки; 3 – споживачі води

Таке припущення, як засвідчили результати вимірювань, є обґрунтованим і забезпечує потрібну точність розрахунків. При цьому розрахункову витрату на ділянці (л/с) знаходять за формулою:

$$q_p = q_k + q_{ш}/2, \quad (1.29)$$

де q_k – витрата в кінцевому перерізі труби (транзитна витрата для певної ділянки, тобто витрата, яка не змінюється на цій ділянці трубопроводу); $q_{ш} = q_0 l$ – шляхова витрата (витрата, яка змінюється на ділянці); q_0 – питома шляхова витрата (зміна витрати на одиниці довжини труби, л/(с*м); l – довжина розрахункової ділянки труби, м.

Тупикові водопровідні мережі (рис. 1.16, а). Тупикові розподільчі трубопроводи належать до складних тупикових трубопроводів. Визначивши витрати напору на всіх його ділянках, за формулою (1.28) знаходимо розрахунковий напір (H_p), який повинна забезпечувати водонапірна башта (висота встановлення водонапірного баку) або насос насосної станції, для задоволення потреб споживачів:

$$H_p = \pm H_{geod} + \sum H_{l,tot} + H_f, \quad (1.30)$$

де H_{geod} – різниця геодезичних відміток (геодезична висота) між точкою встановлення водонапірної башти (насоса) і споживачами у найбільш віддаленій точці, м (у залежності (1.30) знак «плюс» ставлять у випадку, коли водонапірна башта знаходиться нижче за розрахункову точку, у решті випадків використовують знак «мінус»); H_f – вільний напір в кінцевій точці системи (залежить від висоти будівель, але не менший, ніж 10 м в. ст.).

Кільцеві водопровідні мережі (рис. 1.16, б). Порядок розрахунку:

– розбиваємо мережу на розрахункові ділянки. Точки, в яких сходяться кінцеві ділянки трубопроводів, називають вузлами;

– за відомої довжини ділянок (l) і питомих шляхових витратах (q_0), знаходимо шляхові витрати на всіх ділянках:

$$q_{ш} = q_0 \cdot l; \quad (1.31)$$

– визначаємо вузлові витрати. Вузлова витрата дорівнює половині суми всіх шляхових витрат на ділянках, під'єднаних до цього вузла, плюс зосереджена витрата в самому вузлі (витрата води великим споживачем, розміщеним біля цього вузла), тобто:

$$q_{вуз} = \frac{\sum^n q_{ш}}{2} + q_{зос}, \quad (1.32)$$

де n – кількість розрахункових ділянок, які прилягають до вузла; $q_{зос}$ – зосереджена витрата у вузлі;

– за отриманими вузловими витратами попередньо призначаємо напрямки руху і лінійні витрати води на всіх ділянках кільцевої мережі. При цьому слід дотримати дві умови: 1) сума витрат, які прийшли до вузла і вийшли з нього, повинна дорівнювати нулю ($\sum q = 0$); 2) подачу води до

наступних вузлів мережі потрібно здійснювати за найкоротшими відстанями;

– згідно з лінійними витратами за формулою 1.25 знаходимо діаметри трубопроводів і округлюємо їх до стандартних значень;

– за залежністю 1.26 розраховуємо втрати напору на всіх ділянках кільцевої мережі;

– здійснюємо ув'язку напорів послідовно у всіх кільцях мережі. Для цього в кожному кільці приймаємо втрати напору на ділянках, де вода рухається за годинниковою стрілкою, зі знаком «+», а де проти годинникової стрілки – зі знаком «-». Кільце вважають ув'язаним, якщо алгебраїчна сума втрат напору в ньому не перевищуватиме 0,5 м;

– так само перевіряємо весь зовнішній контур водопровідної кільцевої мережі. При цьому нев'язка напорів не повинна перевищувати 1,5 м;

– якщо зазначених вимог не дотримано (нев'язки напорів в окремих кільцях або по всьому контуру перевищують допустимі значення), здійснюють перерозподіл лінійних витрат на ділянках кільцевої мережі і розрахунок виконують заново до отримання задовільного результату. При цьому поправочна витрата для довільного кільця (л/с) може бути визначена за залежністю:

$$\Delta q = \frac{\Delta h}{2\sum(Sq)}, \quad (1.33)$$

де Δh – нев'язка напорів у розглядуваному кільці, м; $S = S_0 l$ – опір ділянки трубопроводу; знак \sum означає, що величина (Sq) має дорівнювати сумі для всіх сторін кільця.

На практиці гідравлічні розрахунки кільцевих водопровідних мереж виконують за допомогою спеціального програмного забезпечення.

За величиною загальної витрати, яку слід подати на об'єкт, сумарними втратами напору в системі, зважаючи на рельєф місцевості (формула 1.30), добирають потрібну марку насосів або габарити водонапірної башти.

Споруди на міських водопровідних мережах

До споруд на водопровідних мережах належать водонапірні башти, водопровідні колодязі й упори.

Водонапірними баштами називають споруди, призначені для зберігання певного запасу води для потреб окремого об'єкта або населеного пункту. Водонапірна башта являє собою резервуар з водою, піднятий на

певну висоту. Об'єм бака башти може становити від кількох десятків у малих водопроводах до кількох тисяч кубічних метрів у великих водопровідних системах. Висота башти (точніше, висота конструкції, що підтримує бак) зазвичай знаходиться в межах (15–30) м.

Баки в більшості випадків улаштовують круглої форми в плані. Співвідношення висоти і діаметра бака визначається як технологічними, так і архітектурно-будівельними нормами. Водонапірна башта, особливо в міській забудові, повинна задовольняти й естетичним вимогам.

У деяких випадках (наприклад, на промислових підприємствах за наявності кількох водопровідних мереж різного напору) споруджують водонапірні башти з двома і більше баками, розміщеними на різній висоті.

Для унеможливлення замерзання води в баку в зимовий період його огороджують спеціальним шатром, який виконують з легких будівельних конструкцій (наприклад, з дерева).

Схему водонапірної башти наведено на рис. 1.19.

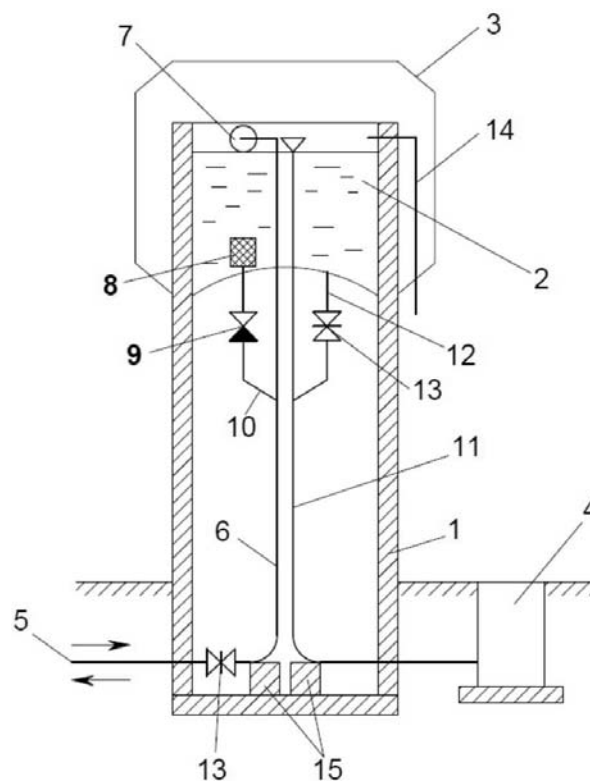


Рис. 1.19. Схема водонапірної башти:

1 – конструкція стовпа башти; 2 – бак з водою; 3 – огорожувальна конструкція бака; 4 – колодязь дощової мережі водовідведення; 5 – від (до) міської мережі водопостачання; 6 – водопідйомна труба; 7 – поплавковий клапан; 8 – сітка; 9 – зворотний клапан; 10 – відвідний трубопровід; 11 – переливна труба; 12 – труба для відведення осаду; 13 – засувка; 14 – сигнальна труба; 15 – бетонні упори

Об'єм водонапірного бака башти визначають за залежністю:

$$W_{\bar{o}} = W_{рег} + W_{пож}, \quad (1.34)$$

де $W_{рег}$ – регулювальний об'єм, який залежить від режиму водоспоживання об'єкта і визначається за графіком водоспоживання (як і для РЧВ); $W_{пож}$ – протипожежний (недоторканний) запас води, який повинен бути розрахований на 10-хвилинне гасіння однієї пожежі всередині будівлі і однієї зовнішньої пожежі.

Водонапірні башти можуть бути залізобетонні, сталеві, цегляні і дерев'яні. Зазвичай їх споруджують у невеликих містечках, на промислових і сільськогосподарських об'єктах. У великих містах через незначні об'єми баків порівняно з витратами води, які споживаються містом, водонапірні башти для обслуговування населення не використовують.

Різновидом водонапірних башт можна вважати водонапірні колони, які являють собою резервуар, встановлений на поверхні землі. Резервуар повинен мати висоту, достатню для стабільної роботи водопровідної системи об'єкта.

За нормального режиму роботи системи водопостачання може бути використаний лише верхній об'єм колони, тоді як нижня частина слугує для зберігання аварійного запасу води.

Недоліком водонапірних башт і колон є ймовірність застою води в них, а отже, погіршення якості води, яка подається споживачам.

Як вже зазначено, водопровідну арматуру, яку встановлюють на мережі, розміщують всередині **водопровідних колодязів**. Розміри колодязів залежать від діаметрів трубопроводів, типів і кількості арматури. Відстань від стінки колодязя до арматури повинна бути не меншою за 300 мм. Глибина колодязя залежить від глибини прокладання трубопроводу. Колодязі в плані можуть бути круглими, квадратними і прямокутними. Матеріал конструкцій колодязів – залізобетон, цегла.

Розробляючи проєкт водопровідних мереж об'єкта, обов'язково виконують деталювання всіх водопровідних колодязів (детально позначають арматуру, встановлену в колодязі, і визначають його розмір в плані). Приклад деталювання водопровідних колодязів наведено на рис. 1.20.

У місцях повороту водопровідних труб діаметром понад 100 мм і кутах повороту (у горизонтальній і вертикальній площині) понад 10° в колодязях чи просто в землі споруджують бетонні або цегляні упори.

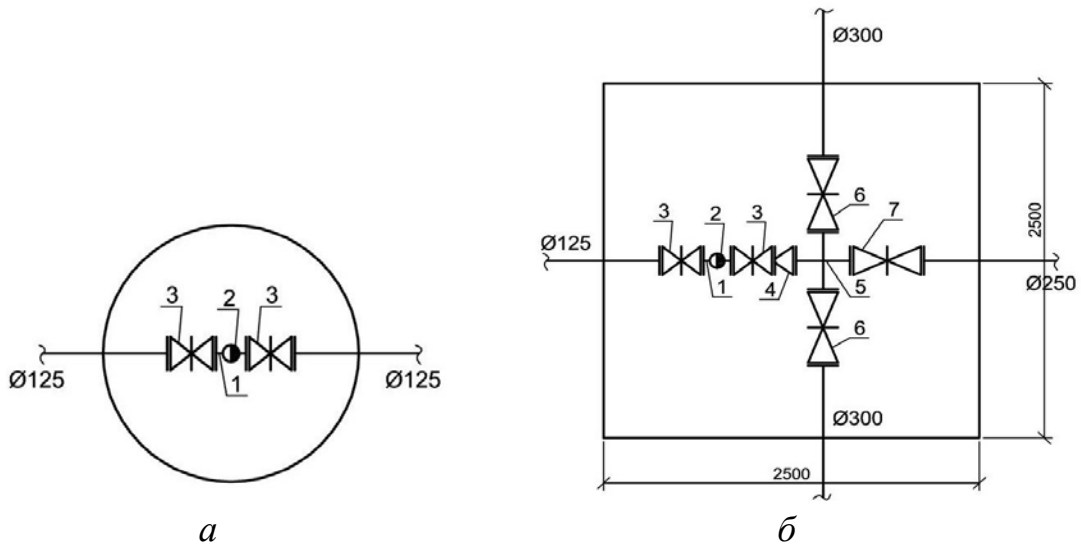


Рис. 1.20. Схема деталювання водопровідних колодязів:

a – круглий в плані; *б* – квадратний в плані;

- 1 – трійник з пожежною підставкою; 2 – пожежний гідрант; 3 – засувка $d = 125$ мм;
 4 – перехід 250x125 мм; 5 – хрестовина 300x250 мм; 6 – засувка $d = 300$ мм;
 7 – засувка $d = 250$ мм

Запитання для самоперевірки

1. Якою є ситуація з водозабезпеченням в Україні?
2. Наведіть принципову схему системи водопостачання і водовідведення міста.
3. Що таке норма водопостачання і водовідведення? Від чого вона залежить?
4. Як визначають максимальну і мінімальну добову витрату води населенням?
5. Які типи водозаборів улаштовують для забору води з підземних джерел?
6. Які типи водозаборів належать до водозаборів з поверхневих джерел?
7. Назвіть якісні характеристики питної води.
8. Наведіть принципову схему водопровідних очисних споруд.
9. Назвіть основні робочі характеристики насосів.
10. Як здійснюється перехід трубопроводами через автодороги і залізничні колії?
11. Що таке дюкер і навіщо його улаштовують?
12. Як слід розміщувати трубопроводи різного призначення в поперечному перерізі міської магістралі?
13. Як визначають втрати напору на ділянках водопровідної мережі?
14. Як розраховують витрату води на ділянці трубопроводу за рівномірної роздачі води залежно від довжини?
15. Як визначається діаметр водопровідного колодязя?

РОЗДІЛ 2

САНІТАРНО-ТЕХНІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ БУДІВЕЛЬ

2.1. Загальна характеристика внутрішніх систем і схем водопостачання

Внутрішнім водопроводом називають розміщені в будівлі водопровідні системи, які отримують воду із зовнішнього міського водопроводу і подають її під напором для використання споживачами. Залежно від температури транспортованої води розрізняють системи холодного і гарячого водопостачання.

За призначенням внутрішні системи холодного водопостачання поділяють на **господарсько-питні (В1); протипожежні (В2); виробничі (В3) і сумісного типу**. Від призначення систем залежить якість води, яка транспортується ними і подається споживачам.

За способом використання води наведені системи класифікують так:

- **проточні**, в яких передбачено використання всієї води або тільки її частини, а надлишок скидається у мережу водовідведення;
- **зворотні**, які забезпечують багаторазове використання води з обов'язковим відновленням її початкових якісних характеристик;
- **з повторним використанням** (виробничі системи), коли здійснюється подача води одній групі споживачів, а потім від них та сама вода подається для використання іншим споживачам.

Залежно від встановленого обладнання й особливостей прокладання трубопроводів системи внутрішнього водопроводу можуть бути влаштовані за такими схемами:

- **прості схеми**, в яких водорозбірна арматура, встановлена в будівлі, забезпечується необхідним напором і витратою води із зовнішнього міського водопроводу протягом всієї доби без використання насосних і водонапірних пристроїв. Така схема найдешевша, проста в експлуатації, проте може бути застосована лише в будівлях невеликої висоти; схеми з водонапірними баками, в яких у години, коли напір у зовнішній водопровідній мережі достатній для роботи системи внутрішнього водопроводу, вода накопичується у баках, а в години недостатнього напору в міській мережі водопроводу (ранкові і вечірні) вода з баків надходить у систему. Схема дає змогу досить раціонально витратити воду, але застосовувати її можна на невеликих об'єктах. Крім того, в процесі

експлуатації водонапірного бака часто виникають певні додаткові проблеми з його розміщенням, обслуговуванням і ремонтом;

– **схеми з місцевими насосами**, які працюють у постійному або періодичному режимі. За недостатнього напору у зовнішньому водопроводі такі схеми можуть обслуговувати будівлі будь-якої висоти. Для постійного режиму роботи насосних установок характерна досить велика енергоємність і зношуваність обладнання;

– **схеми з розривом струмини**, які застосовуються за недостатньої витрати води в джерелі водопостачання і потребують запасних резервуарів. При цьому в резервуарах відбувається контакт повітря з вільною поверхнею рідини, що може призвести до попадання у воду шкідливих речовин і її забруднення. Зазвичай таку схему застосовують при експлуатації досить віддалених від міста об'єктів (санаторіїв, пансіонатів, будинків відпочинку тощо), де немає джерела водопостачання з достатньою витратою. За таких схем водопостачання часто виникають проблеми із забезпеченням водою потрібної якості, зокрема з її знезараженням;

– **схеми з насосами і гідропневмобаком** (рис. 2.1), сумісна робота яких забезпечує безперебійну, надійну роботу системи внутрішнього водопроводу протягом всієї доби. Останнім часом таку схему найчастіше використовують у практиці проектування. За правильного підбору потужності насосів і об'єму гідропневмобака схема є найбільш енергоощадною й ефективною. Відповідно до цієї схеми вода насосом під напором подається у гідропневмобак, проходить через спеціальні ежекційні клапани, які забезпечують надходження у воду повітря. У гідропневмобак надходить суміш води і повітря. Після досягнення в баку певного максимального тиску, насоси автоматично вимикаються і далі водорозбір відбувається під тиском в баку. Внаслідок використання води споживачами об'єм води у баку зменшується, тиск падає. Після досягнення мінімально потрібного тиску, за якого можлива робота системи внутрішнього водопроводу, насоси автоматично вмикаються, знову заповнюють бак, і робочий цикл повторюється;

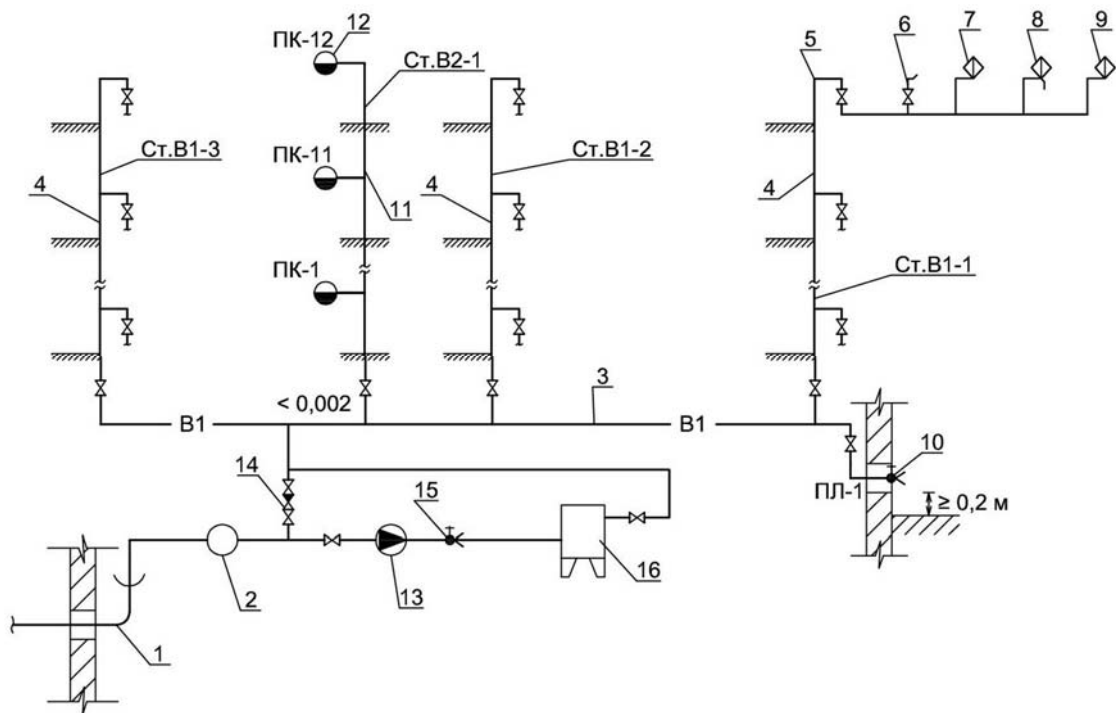


Рис. 2.1. Схема внутрішнього холодного водопроводу з насосом і гідропневмобаком:

1 – ввід водопроводу; 2 – водовимірний вузол; 3 – магістраль; 4 – водопровідний стояк; 5 – квартирна підводка; 6 – під'єднання змивного бачка унітаза; 7 – змішувач умивальника; 8 – змішувач ванни; 9 – змішувач мийки; 10 – поливний кран; 11 – пожежний стояк; 12 – пожежний кран; 13 – насос; 14 – зворотний клапан; 15 – система ежекційних клапанів; 16 – гідропневмобак

– **зонні схеми** (рис. 2.2), які застосовують за великої висоти будівлі і передбачають її вертикальний поділ на окремі зони. При цьому під зоною розуміють частину висотного будинку по вертикалі, в межах якої здійснюється автономне функціонування інженерних систем (зокрема холодного, гарячого водопостачання й опалення) та протипожежного захисту. Кількість зон і максимальну висоту зони в будівлі визначають таким чином, щоб дотримати умови – напір у найнижче розміщеній санітарній арматурі зони повинен бути не більшим за 45 м вод. стовпа [2].

Зонні схеми влаштовують як без технічних поверхів (рис. 2.2, а), так і з їхньою наявністю для кожної зони, де розміщують потрібне для її належної експлуатації обладнання (рис. 2.2, б). Кожен з розглянутих варіантів має переваги і недоліки. Так, при варіанті без технічного поверху насоси, трубопроводи й інше обладнання розміщують у підвальному приміщенні, робочим є тільки один насос на декілька зон, що зменшує вартість

обладнання. В той же час це ускладнює експлуатацію системи, застосування потужних насосів збільшує вартість споживаної електроенергії. Наявність технічних поверхів полегшує розміщення обладнання і трубопроводів на них, не потребує надто потужних насосів, але виводить з експлуатації великі корисні площі приміщень на технічних поверхах, що знижує ефективність використання об'єкта.

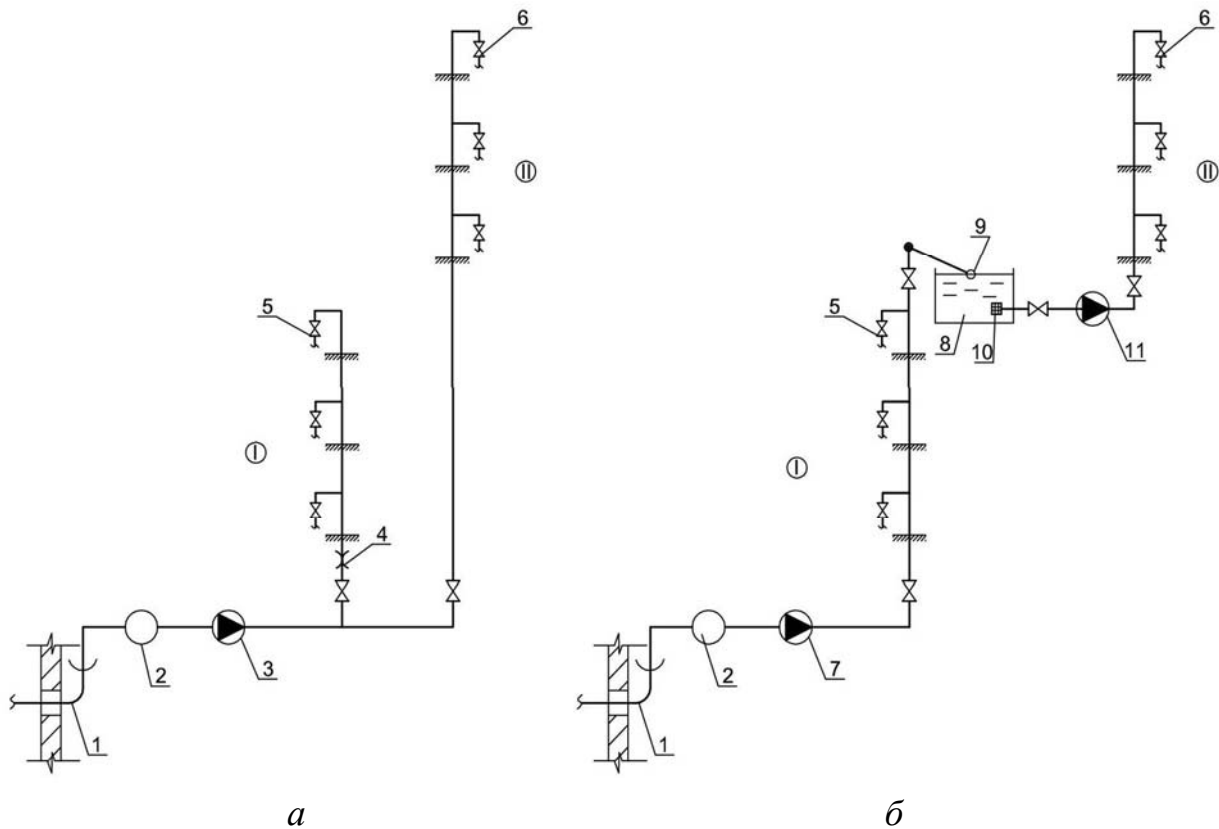


Рис. 2.2. Зонні схеми внутрішнього водопроводу:

а – з одним загальним насосом; *б* – з насосом для кожної зони водопостачання;

I – перша зона водопостачання; II – друга зона водопостачання;

1 – ввід водопроводу; 2 – водовимірний вузол; 3 – насос на дві зони

водопостачання; 4 – регулятор тиску; 5 – санітарні прилади першої зони

водопостачання; 6 – санітарні прилади другої зони; 7 – насос першої зони;

8 – запасний резервуар для води; 9 – шаровий клапан; 10 – грубий (сітчастий)

фільтр; 11 – насос другої зони водопостачання

За місцем прокладання магістрального трубопроводу для подачі води схеми внутрішнього водопроводу поділяють на схеми з нижньою (в підвалі або технічному підпіллі будинку, рис. 2.3, *а*) і верхньою (на горищі будинку, рис. 2.3, *б*) розводкою.

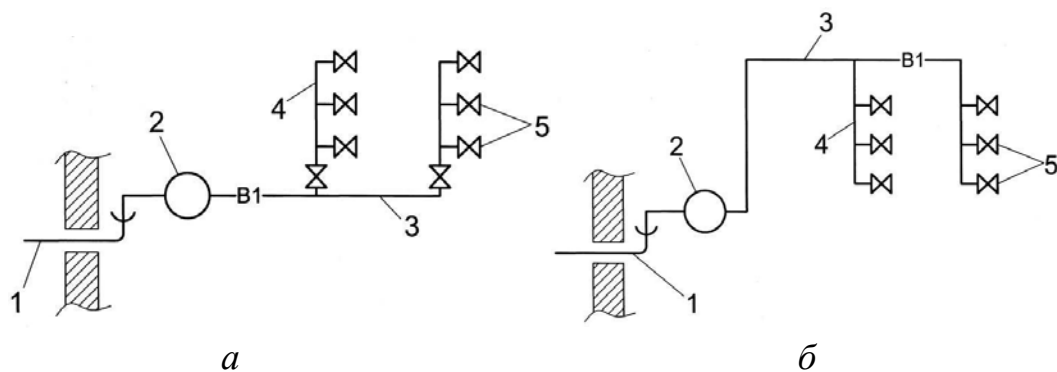


Рис. 2.3. Схеми внутрішнього водопроводу з нижньою (а) і верхньою (б) розводкою:

- 1 – ввід водопроводу; 2 – водовимірний вузол; 3 – магістральний трубопровід;
4 – водопровідні стояки; 5 – підводки в квартиру на поверххах

Вибір варіанта прокладання магістрального трубопроводу залежить від багатьох чинників, зокрема від призначення споруди, технічних характеристик об'єкта, природних умов, особливостей ґрунту та типу фундаментів та ін. За однакових характеристик перевагу слід віддавати схемі з нижньою розводкою, особливо для споруд з підвалами, що експлуатуються.

Внутрішні водопровідні мережі будівель поділяють на тупикові і кільцеві. Тупикові мережі зазвичай проектують для відносно невеликих об'єктів, кільцеві – для розгалужених мереж, для житлових будинків висотою більше 75 м, де передбачено внутрішнє пожежогашіння.

Прокладання трубопроводів водопроводу всередині будинку може бути здійснене приховано або відкрито. Приховане прокладання виконують у приміщеннях, до яких висувають підвищені естетичні вимоги. В інших випадках дозволяється відкрите прокладання труб. Приховане прокладання здійснюють у підпільних каналах і підвісних стелях або у штрабах і бороздах, в капітальних стінах будівель.

Зазвичай магістральні трубопроводи прокладають під стелею підвалу паралельно до капітальних стін, а квартирні підводки – на поверххах над підлогою.

Для запобігання конденсації вологи на стінках магістральні трубопроводи і стояки систем внутрішнього холодного водопроводу ізолюють.

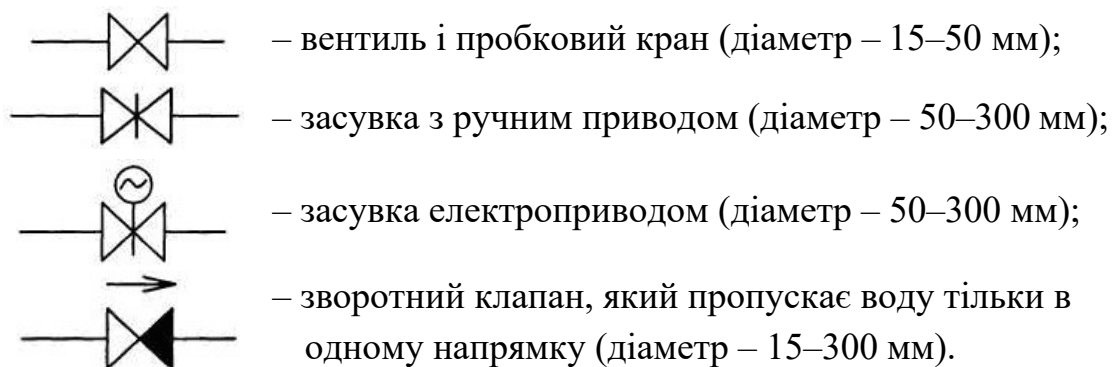
2.2. Трубопроводи, арматура і обладнання

Для влаштування мереж внутрішнього водопроводу використовують напірні трубопроводи із різних матеріалів. Найчастіше застосовують сталеві водогазопровідні оцинковані труби діаметром (15–150) мм, а також поліетиленові напірні труби того ж діаметра. Часто магістральні трубопроводи і стояки монтують зі сталевих труб, а квартирні підводки і розводки на поверхах – із поліетиленових. Крім того, для прокладання магістральних трубопроводів іноді використовують сталеві електрозварні труби діаметром (100–300) мм. Вводи водопроводу в будинки виконують з чавунних труб.

Для зменшення втрат тепла трубопроводами гарячого водопостачання і циркуляційними магістральними трубопроводами, які прокладені в підвалі, а також стояками гарячого водопостачання, останні ізолюють. Трубопроводи на поверхах не ізолюють, а тільки фарбують. Ізолюють сталеві труби типовими конструкціями ізоляційних матеріалів, наприклад: мінераловатними матами завтовшки 30 мм для труб діаметром до 125 мм включно і товщиною 40 мм за більших діаметрів. Захисним покриттям слугує азбестова штукатурка завтовшки 10 мм або обгортка склотканиною і руберойдом. Поліетиленові труби зазвичай ізолюють обгортками з гофрованого поліетилену, пористої гуми або поліуретанової плівки. Трубопроводи холодного водопостачання також ізолюють для попередження конденсації вологи на їх поверхні.

Залежно від призначення у внутрішніх системах водопостачання використовують арматуру таких типів: запірну, водорозбірну, змішувальну, запобіжну, регульовальну та вимірювальну. Далі наведено характеристику деяких видів арматури і її позначення на планах і схемах креслень.

Запірна арматура, яку використовують для перекриття окремих ділянок мережі:



Водорозбірна арматура, яку встановлюють біля санітарних приладів для розбору води:



– кран водорозбірний (діаметром 15 мм – встановлюють біля раковин, діаметром 20 мм – біля мийних ванн);

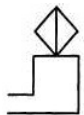


– поливний кран (діаметром 20 мм – використовують під час миття приміщень всередині будинку, діаметром 25 мм – для поливу території навколо будівлі);



– пожежний кран (діаметром 50 мм – встановлюють за витрати на пожежну струмину до 4 л/с, діаметром 65 мм – за більших витрат).

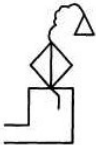
Змішувальну арматуру використовують для подачі і ручного або автоматичного змішування холодної і гарячої води:



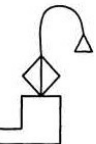
– змішувач для умивальника і мийки;



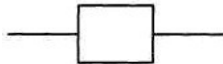
– змішувач для ванни;



– змішувач для ванни з душовою сіткою на гнучкому шлангу;



– змішувач для душу із сіткою на жорсткій трубці;




– автоматичний змішувач.

Автоматичні змішувачі застосовують для підтримання потрібної температури води, що подається, з точністю 2 °С. Зазвичай їх встановлюють у приміщеннях, де регулювання температури споживачами не може здійснюватись вручну (дитячі ясла, садки, лікарні).

Регульовальна і запобіжна арматура являє собою різні типи клапанів, які застосовують для регулювання й утримання в системі внутрішнього водопостачання об'єкта у встановлених межах належного тиску.

Вимірювальну арматуру використовують для вимірювання витрат, тиску і температури води. Для вимірювання тиску в системі водопостачання застосовують манометри, температури – термометри.

Вимірюють витрати води спеціальними приладами – водолічильниками (позначення на планах поверхів і схемах – ). Встановлення вимірювальних приладів є обов'язковим на вводах водопроводу в житлові будинки або промислові об'єкти. Останнім часом лічильники холодної і гарячої води встановлюють у квартирах. Застосовують лічильники крильчатого типу діаметром від 15 до 50 мм і діаметром (50–250) мм – турбінного типу. Схему установки водолічильника у водовимірному вузлі наведено на рис. 2.4.

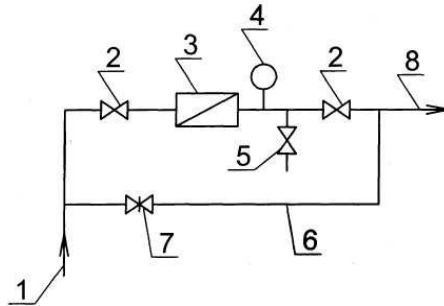


Рис. 2.4. Схема улаштування водовимірного вузла:

- 1 – від вводу водопроводу; 2 – запірна арматура; 3 – водолічильник;
 4 – манометр; 5 – спускний кран; 6 – обвідна лінія; 7 – опломбована засувка;
 8 – до внутрішньої водопровідної мережі

Діаметр умовного проходу лічильника (калібр) слід обирати за величиною середньогодинної витрати води (q_T , м³/год) за період максимального водоспоживання (доба, зміна), яка не повинна перевищувати експлуатаційної витрати і знаходиться за залежністю

$$q_T = \frac{\sum_{i=1}^i (q_{u,i} U_i)}{1000 \cdot T}, \text{ м}^3/\text{год} \quad (2.1)$$

де $q_{u,i}$ – норма водоспоживання за добу максимального водоспоживання для кожного виду споживачів, л; U_i – кількість споживачів певного виду (для житлового будинку – мешканців); T – час роботи системи, год (для житлових будівель $T = 24$ год).

Втрати напору у водолічильнику визначають за формулою

$$H_{лч} = S q^2, \quad (2.2)$$

де S – питомий опір лічильника, м/(л/с)²; q – розрахункова витрата на ввіді в будинок або приміщення, л/с.

Водолічильники добирають таким чином [2], щоб втрати напору в них не перевищували: для крильчатих водолічильників – 5 м, для турбінних – 2,5 м.

2.3. Методика розрахунку санітарно-технічних мереж

Розрахунок загальних об'ємів водоспоживання

Перед проведенням розрахунку системи холодного і гарячого водопостачання будинку спочатку необхідно розрахувати загальну кількість мешканців (U) і кількість встановлених санітарних приладів у ньому (N).

В реальному проєктуванні, як правило, дані показники задаються в архітектурній частині проєкту. В першому наближенні умовно можливо приймати, що кількість мешканців у будинку дорівнює кількості встановлених санітарних приладів ($U=N$).

За ступенем благоустрою (наявність того чи іншого санітарно-технічного обладнання) за діючими будівельними нормами [2, додаток табл. А.1] приймаємо питомі (середні за рік) добові норми витрати води в л/добу на одного мешканця: загальна Q_T^{tot} л/добу; холодна Q_T^c л/добу; гаряча Q_T^h л/добу.

Розраховуємо максимальну добову витрату загальної (холодної і гарячої), холодної і гарячої води, одним споживачем, л/добу, за формулою:

$$\begin{aligned} - \text{загальна} & \quad Q_{\max}^{tot} = Q_T^{tot} \times k_d; \\ - \text{холодна} & \quad Q_{\max}^c = Q_T^c \times k_d; \\ - \text{гаряча} & \quad Q_{\max}^h = Q_T^h \times k_d, \end{aligned} \quad (2.3)$$

де k_d – коефіцієнт максимальної добової нерівномірності, який приймається згідно з таблицею [2, додаток, табл. А.4] в залежності від середньої за годину витрати води q_T^{tot} , q_T^c , q_T^h , л/год та кількості приладів (N) або споживачів (U).

При цьому середня за годину витрата загальної, холодної і гарячої води одним споживачем, л/год, знаходиться з виразу:

$$q_T^{tot} = \frac{Q_T^{tot}}{T}; \quad q_T^c = \frac{Q_T^c}{T}; \quad q_T^h = \frac{Q_T^h}{T}, \quad (2.4)$$

де $T = 24$ год – розрахунковий час споживання води в житловому будинку.

Максимальна добова витрата загальної, холодної і гарячої води на господарсько-питні потреби споживачів для будинку, що проєктується, визначається зі співвідношення, м³/добу:

$$Q_{\max.добр}^{tot} = \frac{Q_{\max}^{tot}}{1000} \times U;$$

$$Q_{\max.\text{доб}}^c = \frac{Q_{\max}^c}{1000} \times U; \quad (2.5)$$

$$Q_{\max.\text{доб}}^h = \frac{Q_{\max}^h}{1000} \times U.$$

Максимальна добова витрата холодної води в будівлі розраховується, як сума витрат води на господарсько-питні потреби всіма споживачами і витрат на поливку прилеглої території, м³/добу:

$$Q_{\max.\text{доб}}^c = \frac{Q_{\max}^c}{1000} \times U + Q_{\text{пол}}, \quad (2.6)$$

де $Q_{\text{пол}}$ – витрата води на полив прилеглої до будинку території [2].

Гідравлічний розрахунок внутрішнього холодного водопроводу на режим максимального господарсько-питного водоспоживання

Розрахунок мережі трубопроводів внутрішнього холодного водопроводу довільного об'єкту (у тому числі житлового будинку) умовно можна розділити на два етапи. На першому, залежно від прийнятих норм водопостачання, кількості споживачів (U) чи санітарно-технічних приладів (N), що знаходяться в будинку, знаходимо витрати води на кожній із розрахункових ділянок. На другому – за відомими витратами, виконуємо безпосередньо гідравлічний розрахунок мережі.

Якщо в проєкті застосована об'єднана господарсько-питна і протипожежна система внутрішнього водопроводу, то її гідравлічний розрахунок потрібно здійснити на два розрахункових режими роботи, а саме – на режим максимального господарсько-питного водопостачання і на режим максимального водопостачання плюс пожежогасіння.

Розрахувати мережу – це означає визначити витрати води на всіх ділянках, підібрати діаметри труб, знайти втрати напору на кожній ділянці і в усій системі в цілому.

Розрахунок внутрішньої мережі холодного водопроводу виконується на основі розробленої і накресленої аксонометричної схеми.

Для режиму максимального водоспоживання перший етап розрахунку починають з визначення диктуючого приладу в системі. Під останнім розуміють прилад, який максимально віддалений від вводу в будинок (або від підвищувальних насосів) по горизонталі і вертикалі, розташований на найбільш навантаженому напрямку і має максимальну секундну витрату. Для житлового будинку диктуючим приладом буде змішувач ванни, яка

розташована на верхньому поверсі і підключена до стояка, що максимально віддалений від підвищувальних насосів (при їх відсутності – від вводу в будинок). Також визначаємо магістраль – напрямок від диктуючого приладу до насосних установок (вводу водопроводу).

Далі розбиваємо магістраль на розрахункові ділянки. Під останніми розуміють ділянки трубопроводу постійного діаметра по яких проходить постійна витрата води.

Значення розрахункових максимальних секундних та за годину витрат холодної і гарячої води, які проходять по розрахунковим ділянкам водопровідної мережі, в залежності від кількості приладів (N) при розрахунковій середній витраті води за годину (q_T^c , q_T^h) на одну людину знаходимо за [2].

При влаштуванні внутрішньої кільцевої магістральної мережі трубопроводів витрату води q визначають для системи в цілому, беруть однакою для всіх ділянок кільця і рівною максимальній секундній витраті на об'єкті.

При проектуванні розподільчих водопровідних стояків у вигляді секційних вузлів витрата по стояку має бути з коефіцієнтом 0,7 у порівнянні з розрахунковою.

Витрата води на кінцевих ділянках тупикової мережі має бути не менше максимальної секундної витрати одним із встановлених на ній санітарно-технічних приладів.

Розрахунок починають від диктуючого приладу. Оскільки при розрахунку кожної ділянки треба виконувати у певній послідовності ряд однакових операцій, то результати розрахунку зручно представляти у табличній формі (табл. 2.1).

Діаметри трубопроводів (d), швидкість руху води в трубі (V), втрати напору на гідравлічне тертя ($1000i$) визначають за таблицями для розрахунку водопровідних труб [10].

Після заповнення таблиці на останній ділянці магістралі (графі 4) отримують розрахункову витрату холодної води на ввіді в будинок при роботі системи в режимі максимального господарсько-питного водоспоживання q^c .

Сума втрат напору на всіх ділянках магістралі (сума позицій графі 8) дає втрати напору на гідравлічне тертя за довжиною ΣH_l (втрати напору на ділянках від диктуючого приладу до підвищувальних насосів).

**Розрахунок внутрішньої водопровідної мережі для
подачі води на господарсько-питні потреби**

Номер ділянки	Довжина ділянки l , м	Кількість приладів до яких подається вода по даній розрахунковій ділянці N , шт.	Розрахункова витрата на ділянці q^c , л/с	Діаметр d , мм	Швидкість V , м/с	Втрати напору за довжиною, мм	
						1000 i , мм	на ділянці $H_l = 1000i \cdot l$, мм
1	2	3	4	5	6	7	8
							$\sum H_l$

Втрати напору в місцевих опорах в системі враховуються осереднено, як певний відсоток від втрат за довжиною за формулою:

$$\sum H_{l,tot} = (1 + k_l) \sum H_l, \quad (2.7)$$

де k_l – коефіцієнт, величина якого залежить від типу системи внутрішнього водопроводу, а саме: 0,3 – у мережах господарсько-питних водопроводів житлових і громадських будинків; 0,2 – у мережах об'єднаних господарсько-питних і протипожежних водопроводів житлових і громадських будівель, а також у мережах виробничих водопроводів; 0,15 – у мережах об'єднаних виробничих і протипожежних водопроводів; 0,1 – у мережах протипожежних водопроводів.

Аналогічно розраховуються всі інші ділянки трубопроводів.

При об'єднанні водопровідних стояків у секційні вузли втрати напору у вузлі слід визначати за формулою:

$$H = \frac{f \sum il(1 + k_l)}{m}, \quad (2.8)$$

де f – коефіцієнт, який враховує характер водорозбору в системі. Він складає: 0,5 – для систем господарсько-питного водопроводу; 0,3 – для систем господарсько-питного і протипожежного водопроводу; m – кількість стояків у вузлі.

Гідравлічний розрахунок внутрішнього холодного водопроводу на режим максимального господарсько-питного водоспоживання плюс пожежогасіння

У випадку, коли за вимогами ДБН [2] у будинку, передбачається влаштування внутрішнього пожежогасіння, спочатку визначають необхідну кількість протипожежних струмин і їх витрату. Вказані параметри залежать від типу будинку, кількості поверхів, будівельного об'єму і знаходяться за [2, табл. 3] (для житлових будинків можливо вважати пожежогасіння в 1 струмину витратою 2,5 л/с). Додатково необхідно врахувати витрату одного спринклеру у сміттєвій камері – 1,8 л/с.

При двох вводах водопроводу, останні необхідно підключати до різних ділянок внутрішньоквартальної мережі. Розрахунок кожного вводу треба виконувати на 100% витрати, при більшій кількості введів – на 50% витрати.

Розрахунок другого режиму (максимальне господарсько-питне водоспоживання плюс пожежогасіння) також починають з визначення магістрального напрямку (магістралі), яка проходить від найбільш віддаленого пожежного крана на верхньому поверсі до насосів (вводу водопроводу). Секундна витрата на розрахункових ділянках знаходиться як сума максимальної господарсько-питної і протипожежної витрат. У випадку коли розподільчі трубопроводи в підвалі об'єднуються у кільце, то всі його ділянки беруть одного діаметра. Дані розрахунків зводяться у табл. 2.2.

Таблиця 2.2

Розрахунок внутрішньої мережі холодного водопроводу на пропуск максимальної господарсько-питної і протипожежної витрат

№ ділянки	Довжина ділянки l , м	Витрата води q , л/с			Діаметр d , мм	Швидкість V , м/с	Втрати напору		Примітка
		господарсько-питні потреби	пожежні потреби	розрахункова			1000 i , мм	на ділянці $H_l^{пож} = 1000i \cdot l$, мм	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
								$\sum H_l$	

Втрати напору на магістралі з урахуванням впливу місцевих опорів здійснюються за формулою (2.7).

При розрахунках трубопроводів швидкості руху води в трубах, по можливості, мають знаходитись в межах:

а) для режиму максимального господарсько-питного водоспоживання – 1,2–1,5 м/с;

б) для режиму максимального господарсько-питного водоспоживання плюс пожежа – 1,5 – 3,0 м/с.

При виконанні гідравлічних розрахунків для двох режимів часто виникає ситуація, коли одні і ті ж самі ділянки магістралі і відгалужень будуть мати різні діаметри. В цьому випадку остаточно треба вважати діаметр, який отримано при розрахунку другого режиму роботи. При цьому в табл. 2.1 необхідно внести зміни діаметрів відповідних ділянок і зробити їх перерахунок. Перерахунку також підлягає сумарна величина втрат напору на магістралі $\sum H_{l,tot}$.

Після проведення гідравлічних розрахунків визначають необхідний (розрахунковий) напір на ввіді в будинок за залежністю:

$$H_p = H_{geom} + \sum H_{l,tot} + H_{лич} + H_f, \quad (2.9)$$

де H_{geom} – геометрична висота від точки вводу (осі насосу) до осі змішувача диктуючого приладу; $\sum H_{l,tot}$ – сумарні втрати напору за довжиною і в місцевих опорах у внутрішній мережі трубопроводів; $H_{лич}$ – втрати напору у водолічильнику; H_f – вільний напір у диктуючого санітарно-технічного приладу (для ванни $H_f = 3$ м).

При розрахунку необхідного напору для випадку подачі води на гасіння пожежі приймають $H_f = 10$ м (вільний напір у диктуючого пожежного крана).

У випадку, коли гарантійний напір у міській водопровідній мережі не менше розрахункового ($H_g \geq H_p$), то встановлювати підвищувальні насоси у будинку, що проектується, не потрібно. Якщо ж $H_g < H_{необх}$ – застосування насосів обов'язкове.

Необхідний напір насоса (м) при цьому становить $H_{нас} = H_p - H_g$. Витрата насоса повинна бути не меншою, ніж розрахункова секундна витрата (л/с) на ввіді водопроводу на об'єкт.

Потужність насосної установки при цьому має бути не меншою:

$$N = \frac{\rho g q H_{нас}}{1000 \eta} K, \quad (2.10)$$

де $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$ – густина води; $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ – прискорення вільного падіння; $K = 1,3\text{--}1,8$ – коефіцієнт запасу; $\eta = 0,5\text{--}0,6$ – коефіцієнт корисної дії насосної установки.

Обов'язково встановлюється мінімум два насоси (один робочий, один резервний). Якщо це необхідно, окремо підбирають насоси для забезпечення максимального господарсько-питного режиму роботи, окремо – на випадок пожежі.

У випадку, коли підібрати насос із заданими конкретними характеристиками важко, можна з'єднати кілька насосів. За послідовного з'єднання n насосів (рис. 2.5, а) витрата, що подається ними, залишається практично рівною витраті одного насоса, а напір збільшується в n разів. За паралельного з'єднання n насосів (рис. 2.5, б) напір залишається постійним, а витрата збільшується в n разів.

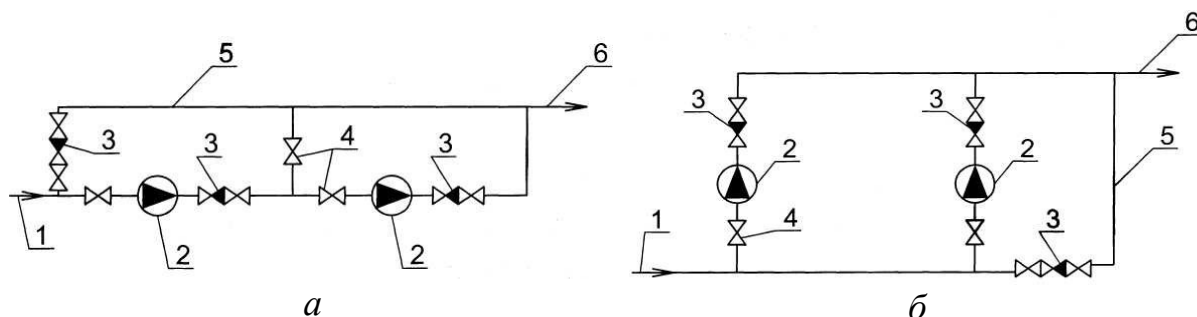


Рис. 2.5. Послідовне (а) і паралельне (б) з'єднання насосів:

1 – від вводу водопроводу; 2 – насос; 3 – зворотний клапан; 4 – запірна арматура; 5 – обвідна лінія; 6 – до внутрішньої водопровідної мережі

Насосні установки, які подають воду на господарсько-питні, протипожежні і циркуляційні потреби слід встановлювати в приміщеннях теплових пунктів і котельних, у сухих, теплих і освітлюваних приміщеннях. Навколо кожного фундаменту під насос повинен бути забезпечений круговий обхід шириною не менше, ніж 0,7 м.

Не дозволяється розміщувати насосні установки (крім протипожежних) безпосередньо під житловими квартирами, кімнатами дитячих садків, класами шкіл, аудиторіями навчальних закладів і т. п.

Для ліквідації шуму, який виникає під час роботи насосних агрегатів, господарсько-питні насоси і електродвигуни повинні мати звукоізоляційні пристрої. При цьому фундаменти насосних установок встановлюють на спеціальних амортизаторах, а всмоктувальні і нагнітальні патрубки відділяють від приєднаних трубопроводів гнучкими вставками (рис. 2.6).

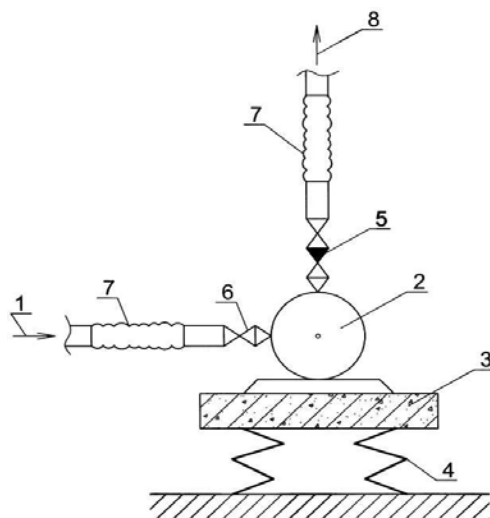


Рис. 2.6. Схема установки насоса всередині будівлі:

1 – від вводу водопроводу; 2 – насосний агрегат; 3 – залізобетонна фундаментна плита; 4 – віброізолятори (сталеві пружини); 5 – зворотний клапан; 6 – запірна арматура; 7 – гнучкі вібровставки; 8 – до внутрішньої водопровідної мережі

Віброізолятори, виготовлені із сталевих пружин, встановлюють на підлозі приміщення на прокладки з пористої гуми завтовшки до 10 мм. Вага фундаментної плити повинна бути у 2–3 рази більшою, ніж вага насосного агрегату. Встановлювати два насосні агрегати на одному віброізоляційному фундаменті не дозволяється.

Гнучкі (еластичні) вставки виконують у вигляді гумових рукавів довжиною не менш як 1 м, які витримують тиск 10^6 Па.

2.4. Системи протипожежного водопроводу

Для гасіння можливої пожежі в приміщеннях в будівлях улаштовуються системи внутрішнього пожежогасіння. Розрізняють прості і автоматичні (спринклерні і дренчерні) протипожежні системи. **Простими** вважають системи, обладнані тільки ручними пожежними кранами і пожежними рукавами зі сприсками. **Автоматичні** системи укомплектовані спеціальним обладнанням, яке дає змогу вмикатися в роботу і здійснювати пожежогасіння в автоматичному режимі. У вітчизняній будівельній практиці найчастіше застосовують прості системи пожежогасіння. Обов'язкове влаштування протипожежних водопроводів у будівлях різного призначення зумовлене чинними будівельними нормами і правилами [2].

Так, наприклад, у житлових будинках протипожежні водопроводи улаштовують за висоти будівель більше 26,5 м (12 і більше поверхів), у

громадських й адміністративних будівлях – за їхнього об'єму понад 5000 м³. У виробничих будівлях необхідність улаштування протипожежних водопроводів залежить від виду виробництва й об'єму будівель.

Зазвичай у житлових, адміністративних, громадських і виробничих будівлях улаштовують об'єднані системи господарсько-питного і протипожежного водопроводу. На підприємствах, за належного обґрунтування, можуть бути прокладені окремі протипожежні водопроводи.

При **простих** системах пожежогасіння в будівлях здійснюється від пожежних кранів, які встановлюють на вертикальних пожежних стояках, під'єднаних до магістрального трубопроводу внутрішньої водопровідної мережі.

Пожежні крани встановлюють переважно в легкодоступних місцях: біля виходів з поверху, на сходових майданчиках, у вестибюлях, коридорах тощо.

Пожежний кран розміщують або в нішах капітальних стін, або у спеціальних приставних шафах. Кожна шафа повинна бути обладнана аварійним освітленням і спеціальною сигнальною кнопкою для можливого пуску протипожежних насосів. Схема установки пожежного крана наведена на рис. 2.7.

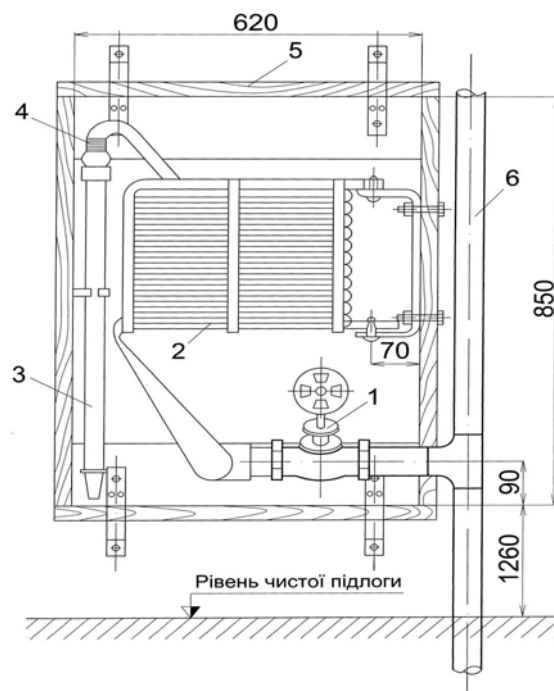


Рис. 2.7. Схема установки пожежного крана:

1 – пожежний вентиль (кран); 2 – котушка; 3 – брандспойт (ствол) із сприском; 4 – пожежний рукав (шланг); 5 – пожежна шафа; 6 – пожежний стояк

Діаметр пожежних кранів залежить від витрати води на пожежну струмину. Так, при витраті на струмину до 4 л/с діаметр крана становить 50 мм, при витраті більше ніж 4 л/с – діаметр 65 мм.

Кожен пожежний кран повинен бути обладнаний пожежним рукавом такого ж діаметра довжиною 10, 15 або 20 м і пожежним стволем. В одному будинку слід встановлювати пожежні крани тільки одного діаметра, обладнані однаковими пожежними рукавами.

Пожежні крани встановлюють на висоті 1,35 м від рівня чистої підлоги. У разі використання спарених пожежних кранів допускається улаштувати їх один над одним, при цьому перший кран встановлюють не нижче 1 м від рівня підлоги.

Залежно від призначення, висоти і об'єму будинку внутрішнє пожежогасіння в ньому може здійснюватись в одну, дві – чотири струмини. Під час пожежогасіння в одну струмину кожна точка на довільному поверсі будинку повинна бути забезпечена поливом води від одного пожежного крана. За двох струмин – від двох пожежних кранів, встановлених на різних пожежних стояках і т.д. За кількості пожежних струмин, більшої ніж дві, допускається на одному пожежному стояку встановлювати по два пожежних крани на поверсі.

Для недопущення застою води в пожежних стояках їх у верхній частині трубою $d = 20$ мм слід під'єднувати до господарсько-питних стояків. За кількості пожежних кранів у будинку 12 і більше в системі внутрішнього водопроводу потрібно обладнати два вводи водопроводу, при цьому магістраль у будинку має бути кільцевою.

Під час гідравлічного розрахунку об'єднаної господарсько-питної і протипожежної системи витрати на ділянках визначають як суму максимальної витрати на господарсько-питні потреби і витрати на внутрішнє пожежогасіння. Мінімальний напір у пожежному крані за висоти приміщень до 6 м має становити 10 м.

Автоматичні (спринклерні і дренчерні) системи пожежогасіння влаштовують у приміщеннях з підвищеною пожежною небезпекою, таких як театри, склади, підземні гаражі тощо. Потребу в застосуванні систем пожежогасіння і правила їхнього проєктування визначено Державними будівельними нормами [2].

Спринклерні системи призначені для автоматичного гасіння пожежі у місці її виникнення. Тобто в разі пожежі спрацьовують тільки ті спринклери, біля яких температура навколишнього простору стає вищою за

допустиму. Решта спринклерів залишаються у закритому положенні.

У разі ввімкнення **дренчерних** систем вода одночасно надходить у приміщення через усі дренчерні головки незалежно від місця займання вогню. Тому дренчерні системи автоматичного пожежогасіння найчастіше обладнують на промислових об'єктах у переходах між цехами для утворення між ними захисної водяної завіси на випадок виникнення пожежі в одному з них.

Спринклерні системи бувають **водяні**, у яких мережа розподільчих трубопроводів під тиском заповнена водою і розміщена в опалюваних приміщеннях; **повітряні** – мережа трубопроводів від спринклерів до контрольно-сигнального клапана заповнена стисненим повітрям і розміщується у неопалюваних приміщеннях; **повітряно-водяні** обладнують двома контрольно-сигнальними клапанами, повітряним і водяним. Повітряний клапан забезпечує контроль і подачу води у зимовий період, водяний – у літній. Найбільшого поширення завдяки простоті й ефективності набули водяні системи. Схему влаштування спринклерної системи автоматичного пожежогасіння наведено на рис. 2.8.

Виникнення пожежі в приміщенні спричиняє підвищення температури повітря в ньому, що призводить до розплавлення запобіжника спринклера, з нього починає витікати вода. При цьому тиск у системі падає, спрацьовує контрольно-сигнальний клапан і вмикаються пожежні насоси. Підтримання тиску в системі і гасіння пожежі у перші 10 секунд після спрацювання клапана здійснюється від спеціального напірного баку. У приміщеннях, обладнаних спринклерною системою автоматичного пожежогасіння, слід додатково встановлювати пожежні крани діаметром 65 мм для можливості ручного пожежогасіння у дві струмини з витратою по 5 л/с кожна.

У будівлях з великою площею приміщень спринклерну систему поділяють на секції. Кожна секція повинна мати окремий контрольно-сигнальний клапан і не більше як 800 спринклерів. На окремій трубопроводній гілці може бути встановлено максимально шість спринклерів. Залежно від призначення приміщень один спринклер повинен забезпечувати пожежогасіння на площі 9–16 м². Мережу розподільчих трубопроводів прокладають на відстані 0,3–0,35 м під стелею приміщень. Залежно від марки спринклера легкоплавкий замок (запобіжник) в ньому може спрацьовувати за різної температури. Найчастіше на практиці застосовують спринклери з температурою плавлення замка 72 °С.

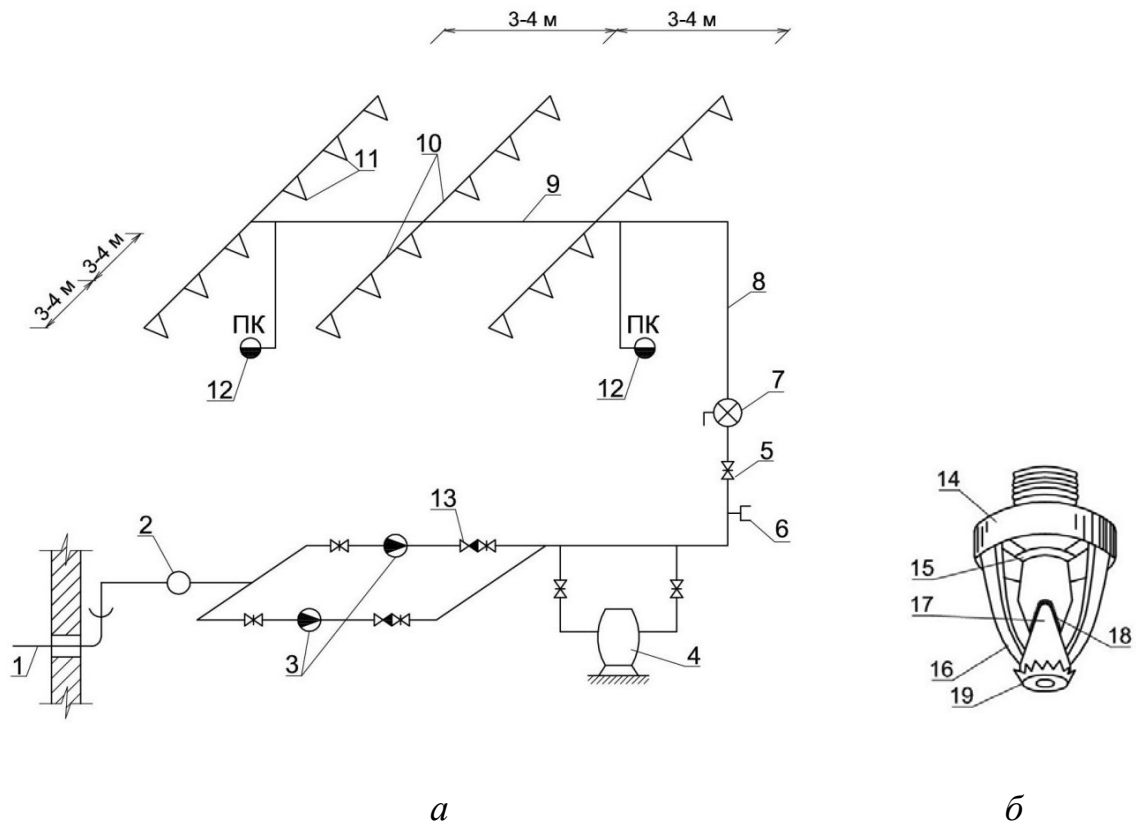


Рис. 2.8. *а* – схема улаштування спринклерної системи автоматичного пожежогасіння; *б* – спринклер:

- 1 – ввід водопроводу від основного водопостачальника; 2 – водовимірний вузол;
 3 – протипожежні насоси; 4 – напірний бак для води; 5 – головна засувка;
 6 – резервний водопостачальник (точка під'єднання пожежних машин);
 7 – контрольно-сигнальний клапан (КСК); 8 – головний постачальний трубопровід;
 9 – розподільча мережа трубопроводів; 10 – гілки; 11 – спринклери;
 12 – пожежний кран $d = 65$ мм; 13 – зворотний клапан; 14 – корпус спринклера;
 15 – пробка; 16 – рамка; 17 – металеві пластинки; 18 – легкоплавкий замок;
 19 – розетка

У відповідності з діючими нормами [2] в житлових будинках у приміщеннях сміттєзбірників (як правило на першому поверсі) для можливості автоматичного гасіння пожежі встановлюють один спринклер.

2.5. Особливості влаштування систем гарячого водопостачання

Для забезпечення споживачів гарячою водою в будівлях різного призначення проєктують спеціальну систему внутрішнього гарячого водопостачання. Така система зазвичай складається з пристрою для нагрівання води, подавальної і циркуляційної мереж трубопроводів,

арматури та іншого технологічного обладнання (насоси, баки-акумулятори, установки водопідготовки тощо).

Воду з систем гарячого водопостачання можна використовувати як для господарсько-побутових, так і технологічних потреб.

Температура і якість гарячої води, що подається водопроводами на різні виробничі потреби, регламентується спеціальними нормами і залежить від технології кожного конкретного процесу.

Подають гарячу воду на господарсько-побутові потреби тільки питної якості. Температура води в усіх точках розбору води повинна бути не нижчою за 50⁰С для систем, приєднаних до закритих систем теплопостачання; не нижчою за 60⁰С для систем, які приєднані до відкритих систем теплопостачання; не вищою за 75⁰С для всіх вказаних систем.

Для споживачів, які потребують воду з температурою, вищою за 75⁰С, централізоване гаряче водопостачання повинно доповнюватись місцевим догрівом води (вогневим, електричним та ін).

Залежно від взаємного розміщення пристроїв для приготування гарячої води і споживачів, розрізняють місцеві і централізовані системи гарячого водопостачання.

Місцевими називають системи, у яких приготування гарячої води здійснюється практично в місці її використання. Такі системи застосовують для забезпечення гарячою водою окремих водорозбірних точок, груп точок або невеликих будівель. Нагрівають воду в таких випадках за допомогою вогневих, газових і електричних водонагрівачів. Довжина трубопроводів у таких системах зазвичай не перевищує 50 м.

На рис. 2.9 наведено схему місцевої системи гарячого водопостачання з приготуванням гарячої води у газовому водонагрівачі (газовій колонці) для потреб мешканців однієї квартири.

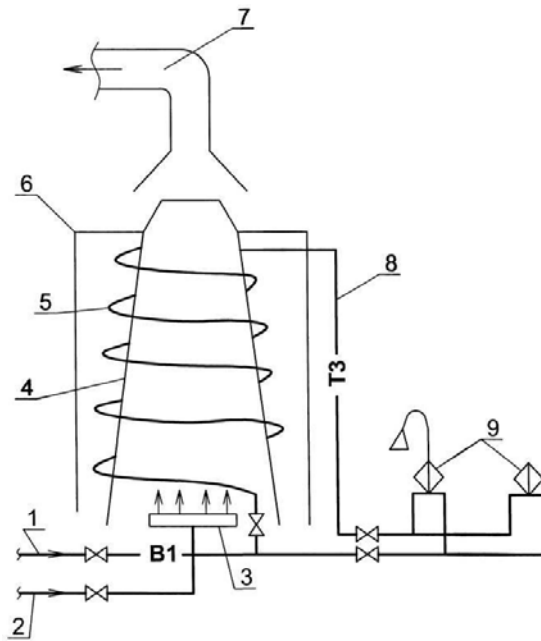


Рис. 2.9. Схема приготування гарячої води у газовому водонагрівачі:
 1 – трубопровід холодної води; 2 – підвід газу; 3 – газовий пальник;
 4 – корпус пальника (короб); 5 – змійовик; 6 – корпус; 7 – відвід продуктів
 горіння; 8 – трубопровід гарячої води; 9 – водорозбірна арматура

Централізованими називають системи, в яких приготування гарячої води здійснюється на значній відстані від споживача на ТЕЦ, в котельній або центральному тепловому пункті (ЦТП). Такі системи застосовують для подачі води під напором як до окремих будинків, так і до цілих мікрорайонів (кварталів) міської забудови, селищ або промислових об'єктів.

Вважається, що за місцевого гарячого водопостачання витрата гарячої води становить 20–40%, а за централізованого – 50–60% загальної витрати води, що споживається у населеному пункті.

Централізовані системи класифікують за такими основними ознаками.

- 1) За способом подачі води споживачам:
 - закрита, тобто без розриву струмینی (під напором зовнішнього водопроводу);
 - відкрита – з баками-акумуляторами.
- 2) За способом використання перегрітої води від теплової мережі (ТЕЦ):
 - відкрита система з безпосереднім розбором води і змішуванням її з холодною водою до потрібної температури за умови збереження якості води, придатної для питних цілей;

- замкнута система, у якій використовують перегріту воду тепломережі у водонагрівачах для нагрівання холодної води.

3) За способом акумуляції гарячої води:

- з баком-акумулятором;
- без бака.

4) За способом циркуляції:

- з природною (гравітаційною) циркуляцією;
- з примусовою (насосною) циркуляцією;
- із змішаною циркуляцією, коли по магістралях здійснюється примусова циркуляція, а по стояках – природна.

Система гарячого водопостачання є складовою частиною системи внутрішнього водопроводу (холодного і гарячого), отже, має певні спільні ознаки із системою холодного водопроводу. Зазвичай схема мережі внутрішнього гарячого водопроводу є такою самою, як і схема холодного водопроводу.

Схеми внутрішнього гарячого водопроводу поділяють на прості і складні. До **простих** належать схеми з тупиковим розподільчим трубопроводом, до **складних** – з циркуляційними трубопроводами при розподільчій мережі.

Прості схеми мереж внутрішнього гарячого водопостачання застосовують в місцевих системах, а також в централізованих системах невеликих малоповерхових будинків за коротких відгалужень до водорозбірних приладів. Такі системи застосовують і на промислових та комунальних підприємствах, де відбувається рівномірний протягом доби розбір гарячої води (бані, пральні тощо).

У вітчизняній практиці найчастіше для забезпечення споживачів гарячою водою застосовують складні централізовані системи. Через велику протяжність трубопроводів у таких системах можливе значне охолодження води, що подається. Для запобігання цьому явищу системи крім розподільчих обладнують ще й циркуляційними трубопроводами. Завдяки циркуляції гарячої води відбувається постійний підігрів охолодженої води у водонагрівачах. У такий спосіб досягають подачі води потрібної температури споживачу протягом всього періоду експлуатації системи, зокрема під час недостатнього водорозбору або навіть за його відсутності.

Схеми централізованого гарячого водопостачання можуть бути як двотрубними, коли кожний стояк, по якому гаряча вода надходить споживачу, має відповідний циркуляційний стояк, по якому вода

відводиться до циркуляційної магістралі (рис. 2.10), так і у вигляді секційних вузлів (рис. 2.11).

Двотрубну систему частіше застосовують у невисоких будівлях.

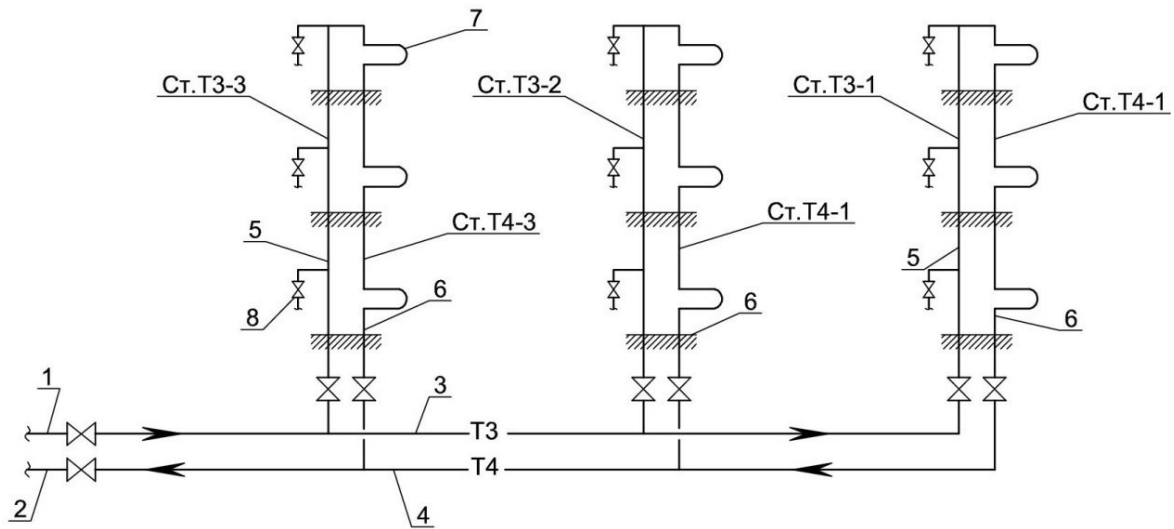


Рис. 2.10. Двотрубна схема централізованого гарячого водопостачання будинку:

1 – подача води від водонагрівача; 2 – відвід охолодженої води до водонагрівача; 3 – магістраль для подачі гарячої води; 4 – відвідна циркуляційна магістраль; 5 – стояк гарячої води; 6 – циркуляційний стояк; 7 – сушарка для рушників; 8 – підводки гарячої води в квартиру

Схему централізованого гарячого водопостачання будинку з об'єднанням стояків у секційні вузли останнім часом застосовують найчастіше, зважаючи на її надійність й економічність. При цьому гарячу воду (нижнє розведення магістральних трубопроводів) подають до споживачів по окремих стояках, а циркуляція здійснюється по одному загальному циркуляційному стояку для всього секційного вузла.

Можливий й інший варіант (верхнє розведення магістральних трубопроводів), коли гаряча вода подається по одному загальному стояку, а до циркуляційного трубопроводу надходить по стояках гарячої води.

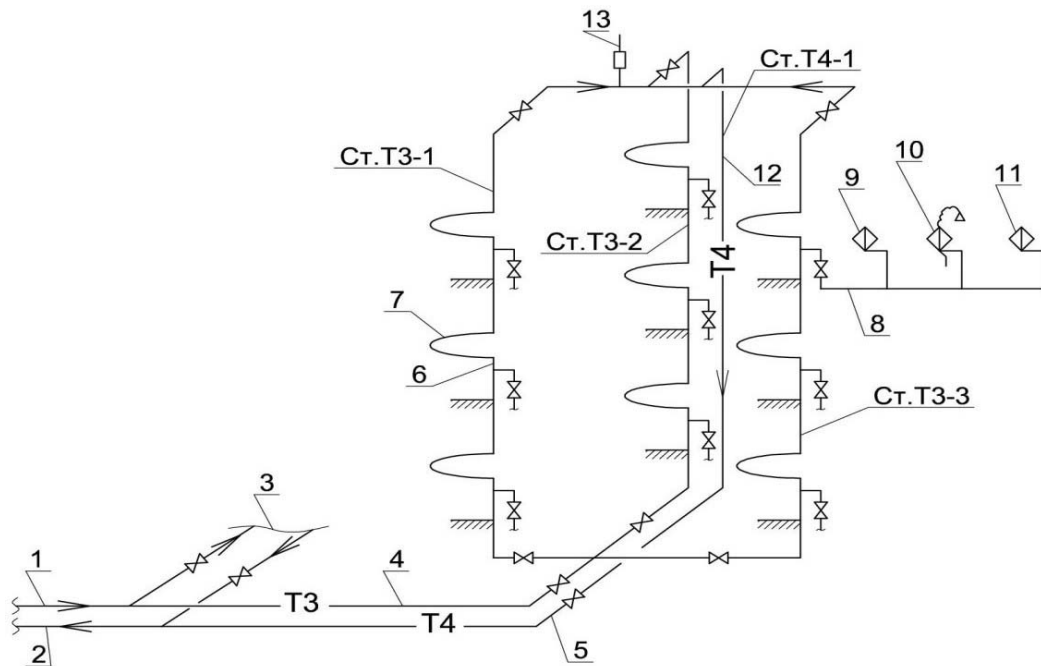


Рис. 2.11. Секційна схема системи централізованого гарячого водопостачання будинку:

1 – подача гарячої води від водонагрівача; 2 – відвід охолодженої води до водонагрівача; 3 – під’єднання іншого секційного вузла; 4 – магістраль для подачі гарячої води; 5 – відвідна циркуляційна магістраль; 6 – стояк гарячої води; 7 – сушарка для рушників; 8 – підводки гарячої води у квартиру; 9 – змішувач раковини на кухні; 10 – змішувач ванни; 11 – змішувач умивальника; 12 – циркуляційний стояк; 13 – пристрій для автоматичного відведення повітря

Розрахунок систем гарячого водопостачання

Розрахунок простих схем гарячого водопостачання аналогічний розрахунку схем холодного водопроводу. Розрахунок складних централізованих систем гарячого водопостачання з наявністю циркуляції і, відповідно, мережі циркуляційних трубопроводів має певні особливості порівняно з розрахунком систем холодного водопроводу.

Розрахунок складних централізованих систем гарячого водопроводу слід виконувати для двох режимів роботи: режиму максимального водорозбору і режиму циркуляції.

Порядок розрахунку для режиму максимального водорозбору повністю відповідає методиці розрахунку мережі холодного водопроводу (формули (2.1)–(2.6)). При цьому розрахункова швидкість руху води у трубопроводах системи гарячого водопостачання приймається 0,9–1,2 м/с.

Для розрахунку системи в режимі циркуляції спочатку визначаємо циркуляційну витрату в системі (л/с) за формулою:

$$q^{cir} = \frac{\sum Q^{ht}}{\rho \cdot c \cdot \Delta t_w}, \quad (2.11)$$

де c – питома теплоємність води, кДж/(кг·°К); Δt_w – розрахункове зниження температури гарячої води від вузла підігрівання до точки водорозбору, °С; ρ – густина води, кг/дм³; $\sum Q^{ht}$ – сума теплових втрат подавальних трубопроводів гарячої води, кВт, які визначаються за залежністю:

$$\sum Q^{ht} = \sum q_{w.k} \cdot l_{w.k} + \sum q_{w.s} \cdot l_{w.s}, \quad (2.12)$$

де $q_{w.k}$ – питомі теплові втрати трубопроводів, які прокладаються в підвалах, техпідпіллях, на горищі, Вт/м; $q_{w.s}$ – питомі теплові втрати трубопроводів, які прокладаються в шахтах, каналах, штрабах, Вт/м; $l_{w.k}$ – довжина всіх трубопроводів гарячого водопостачання, які прокладаються в підвалах, техпідпіллях, на горищі, м; $l_{w.s}$ – довжина всіх трубопроводів гарячого водопостачання, які прокладаються в шахтах, каналах, штрабах, м.

При цьому питомі теплові втрати ізольованих трубопроводів повинні бути не більше ніж: $q_{w.k} = 11$ Вт/м; $q_{w.s} = 7$ Вт/м.

При гідравлічному розрахунку ділянок циркуляційних трубопроводів систем гарячої води діаметри труб підбираються за витратою циркуляційної води, л/с, яка визначається за формулами:

– для відгалуження
$$q_a^{cir} = q^{cir} \frac{Q_a^{ht}}{Q_a^{ht} + Q_d^{ht}}; \quad (2.13)$$

– для прямого потоку
$$q_d^{cir} = q^{cir} \frac{Q_d^{ht}}{Q_a^{ht} + Q_d^{ht}}, \quad (2.14)$$

де q^{cir} – витрата води перед точкою розподілу, л/с; q_a^{cir} – витрата води в трубопроводі відгалуження, л/с; q_d^{cir} – витрата води в прямому трубопроводі, л/с; Q_a^{ht} – теплові втрати в усіх трубопроводах відгалужень, Вт; Q_d^{ht} – теплові втрати в усіх прямих трубопроводах після відгалужень Вт.

При виборі діаметрів трубопроводів циркуляції рекомендується забезпечувати швидкість потоків в них від 0,2 м/с до 0,5 м/с. Допускається швидкість води від 0,5 м/с до 1,0 м/с для ділянок системи, які розташовані близько до насоса.

За наявності кільцюючої перемички між водорозбірними стояками при розрахунку теплових втрат водорозбірного вузла також враховуються

теплові втрати трубопроводів кільцюючої перемички.

Результати розрахунку циркуляційних трубопроводів системи гарячого водопостачання зводимо в табл. 2.1.

Розбіжності втрат тиску в циркуляційних кільцях системи гарячого водопостачання (без врахування втрат тиску на загальних ділянках) не повинні перевищувати 15%.

Необхідний тиск циркуляційного насоса визначають за формулою:

$$\Delta P_p = (1,2 \dots 1,4) \sum il + \Delta \sum P_{RV} + \Delta P_{TH} + \Delta P_{Ap}, \text{ Па}, \quad (2.15)$$

де ΔP_p – необхідний тиск, Па; i – питома втрата тиску на тертя, Па/м; $(1,2 \dots 1,4) \sum il$ – сумарні втрати тиску за довжиною l на місцеві опори в залежності від кількості з'єднань і відгалужень; $\Delta \sum P_{RV}$ – паспортні дані – втрати тиску на зворотних клапанах, Па; ΔP_{TH} – паспортні дані – втрати тиску на термостатичному циркуляційному клапані/регуляторі тиску, Па; ΔP_{Ap} – втрати тиску на обладнанні (водонагрівачі тощо), Па.

Розрахунок водонагрівальної установки

Приготування гарячої води здійснюється у теплообмінних апаратах (водонагрівачах), які встановлюються в тепlopунктах. Останнім часом найбільш поширеними конструкціями водонагрівачів є компактні пластинчасті теплообмінні апарати (пластинчасті теплообмінники). Загальний вигляд такого нагрівального пристрою наведено на рис. 2.12.

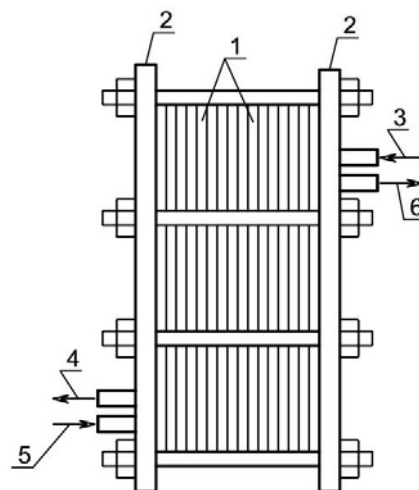


Рис. 2.12. Схема пластинчастого водонагрівача:

1 – робочі пластини; 2 – крайні пластини; 3 – підвід теплоносія; 4 – відвід теплоносія; 5 – підвід холодної води; 6 – відвід нагрітої води (патрубки 3 і 6 та 4 і 5 відповідно, розташовані на одному рівні)

Поверхня теплообміну пластинчастих апаратів являє собою набір тонких штапованих теплопередавальних пластин з гофрованою поверхнею і колекторними отворами для проходу робочих середовищ (теплоносій і вода, що нагрівається). В апараті теплоносій і вода, що нагрівається, рухаються у протилежних напрямках.

Потужність пластинчастого теплообмінника залежить від площі нагрівання встановлених у ньому пластин. Збільшуючи кількість використовуваних пластин, можна підвищити потужність нагрівача.

Для розрахунку водонагрівача спочатку знаходимо необхідний тепловий потік за годину максимального водоспоживання на потреби гарячого водоспоживання (з урахуванням теплових втрат), кВт, за формулою:

$$Q_{hr}^h = 1,16q_{hr}^h (55 - t^c) + Q^{ht}, \quad (2.16)$$

де $t^c = 20^\circ\text{C}$ – температура холодної води у мережі холодного водопроводу.

Загальна площа поверхні теплообміну в апараті, m^2 , розраховується за залежністю:

$$F = \frac{Q_{hr}^h}{k \cdot \Delta t_{\max}}, \quad (2.17)$$

де k – коефіцієнт теплопередачі прийнятого типу пластин, $\text{Вт}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$; Δt_{\max} – середньологарифмічний температурний напір, $^\circ\text{C}$, який визначається за формулою:

$$\Delta t_{\max} = \frac{(t_1^1 - t_2^{11}) - (t_1^{11} - t_2^1)}{\ln \frac{(t_1^1 - t_2^{11})}{(t_1^{11} - t_2^1)}}, \quad (2.18)$$

де t_1^1 і t_1^{11} – температура теплоносія відповідно на вході і на виході з теплообмінника, $^\circ\text{C}$; t_2^1 і t_2^{11} – температура води, що нагрівається, на вході і на виході з теплообмінника, $^\circ\text{C}$.

Кількість пластин у теплообміннику знаходимо із співвідношення:

$$n = \frac{F}{f} + 2 = n_p + 2, \quad (2.19)$$

де n_p – кількість робочих пластин у теплообміннику (крайні пластини не використовують для нагрівання); f – площа нагрівання однієї пластини, m^2 .

Кількість каналів, якими рухається теплоносій:

$$N = n - 1. \quad (2.20)$$

2.6. Внутрішні системи водовідведення

Внутрішньою системою водовідведення будівель називають комплекс розміщених у будівлі пристроїв і трубопроводів, які приймають використану водопровідну або дощову воду і відводять її з будинку до міських мереж водовідведення.

За призначенням внутрішні системи водовідведення поділяють на господарсько-побутові (К1); дощові (К2) і виробничі (К3).

Господарсько-побутова система водовідведення призначена для відведення побутових і господарських вод, які утворюються в результаті життєдіяльності людей. Ці води за складом вважають найбільш забрудненими і шкідливими.

За природою забруднень води поділяються на фекальні (забруднені фізіологічними виділеннями) та господарські (забруднені різноманітними господарськими відходами). Тому такі води іноді називаються господарсько-фекальними.

Дощова система водовідведення призначена для відведення атмосферних стічних вод, які утворюються на забудованій території внаслідок випадіння дощу і танення снігу. Тому її часто називають також зливовою або талою.

Виробнича система водовідведення призначена для відведення стічних вод, які утворюються в процесі виробництва товарного продукту на підприємствах або інших об'єктах. До складу виробничих стічних вод належать відпрацьовані технологічні розчини, кубові залишки, технологічні і промивні води, води після миття обладнання і виробничих приміщень тощо.

Господарсько-побутова система

Принципова схема внутрішньої господарсько-побутової системи водовідведення з житлового будинку наведена на рис. 2.13.

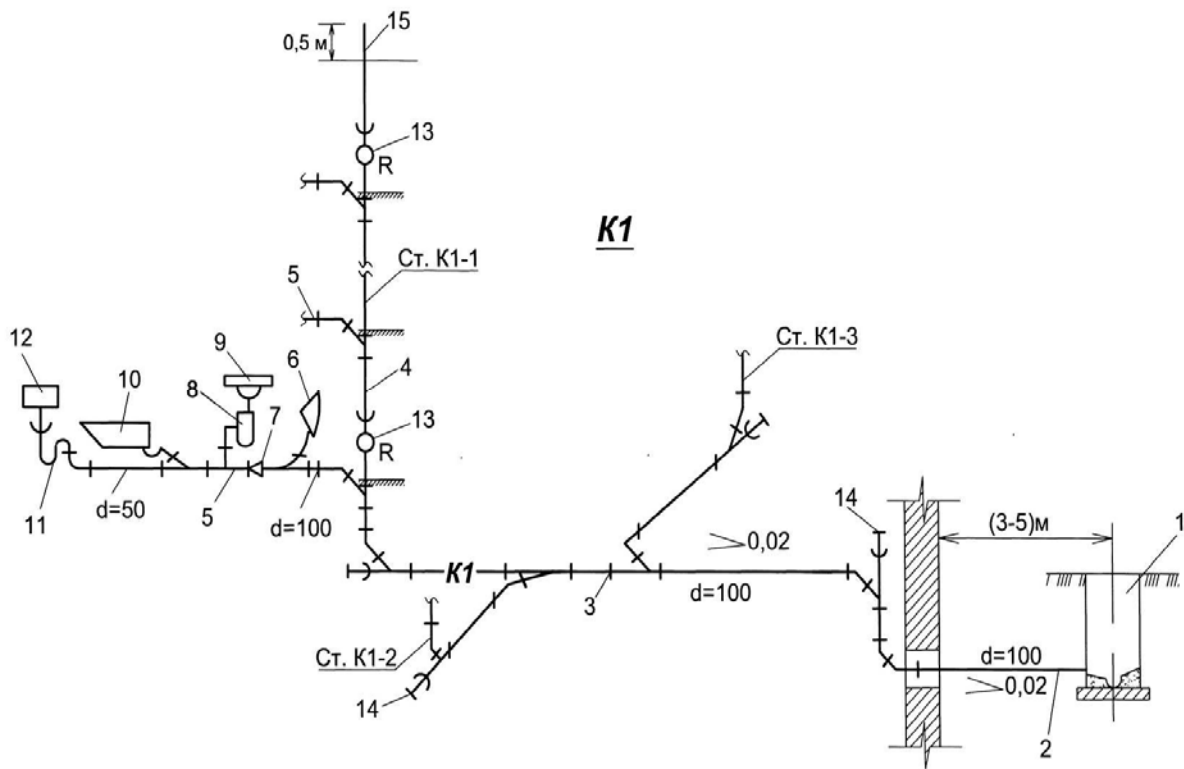




Рис. 2.13. Схема внутрішньої господарсько-побутової системи водовідведення житлового будинку:

- 1 – колодязь внутрішньоквартальної (міської) мережі водовідведення;
 2 – випуск; 3 – стояк господарсько-побутової системи водовідведення; 4 – стояк водовідведення; 5 – квартирна підводка; 6 – унітаз; 7 – перехід (50×100) мм;
 8 – пляшковий сифон; 9 – умивальник; 10 – ванна; 11 – двохобертвий сифон-ревізія; 12 – мийка; 13 – ревізія; 14 – прочистка; 15 – вентиляційна частина стояка

Трубопроводи і фасонні частини. У проектуванні внутрішніх господарсько-побутових систем водовідведення найбільшого застосування набули безнапірні чавунні і поліетиленові труби діаметром 50, 100, 150 мм. За належного обґрунтування в окремих випадках можуть бути використані чавунні напірні або сталеві труби.

З'єднання безнапірних трубопроводів виконують за допомогою фасонних частин з того ж матеріалу, що й труби. Далі наведено деякі види фасонних частин, найчастіше використовуваних у проектуванні і монтажі систем внутрішнього водовідведення.

 – коліно

 – косий трійник на 45°



Трубопроводи систем водовідведення прокладають приховано або відкрито.

Прочищають трубопроводи водовідведення за допомогою **ревізій і прочисток**. Ревізії встановлюють на стояках (на першому і останньому поверхах – обов’язково), по висоті стояка – не рідше ніж через три поверхи, а також на місці зміни напрямку прокладання вертикального стояка. Прочистки влаштовують на поворотах трубопроводів, довжина яких перевищує три метри.

Вентиляція системи здійснюється через каналізаційні стояки, які виводять вище покрівлі для плоских неексплуатованих і скатних покрівель – на 0,2 м. Можна об’єднувати вентиляційні частини кількох стояків. Кількість стояків, для яких передбачено один вихід на покрівлю, залежить від кількості санітарних пристроїв і витрати стічних вод, яку вони відводять, вона визначається за залежністю:

$$n = \frac{kW}{Q}, \quad (2.21)$$

де $k = 80\text{--}100$ – добова кратність повітрообміну в каналізаційній мережі; W – ємність розрахункової ділянки каналізаційної мережі, м³; $Q = 320$ м³/добу – розрахункова витрата забрудненого повітря, яке виходить з витяжної частини окремого каналізаційного стояка діаметром 100 мм.

Приймання стічних вод здійснюють за допомогою санітарно-технічних приладів. Серед найбільш поширених і часто використовуваних з них можна навести такі:



Прилади виготовляють з кераміки, чавуну і сталі.

Для запобігання потраплянню газів з мережі водовідведення до приміщень на всіх під'єднаннях санітарних приладів до трубопроводів слід обов'язково встановлювати гідравлічні затвори (сифони) (рис. 2.14).

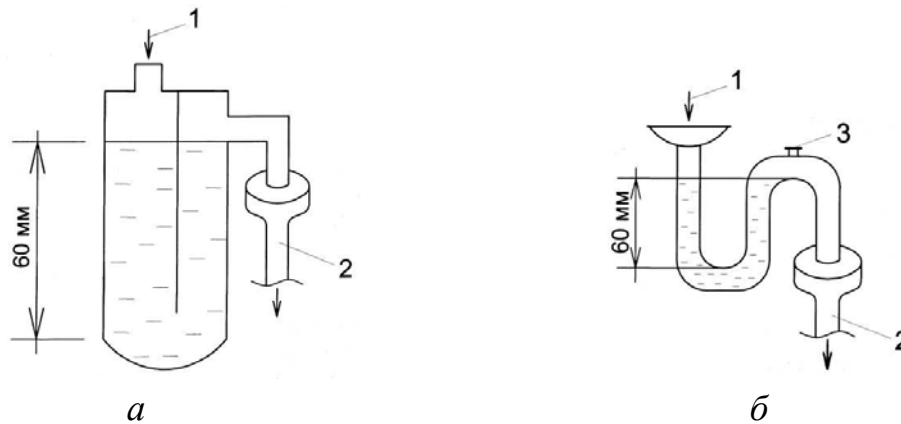


Рис. 2.14. Схема будови гідравлічного затвора (сифона):

а – пляшковий сифон; *б* – двообертовий сифон;

1 – від приймача стічних вод; 2 – трубопровід внутрішньої системи водовідведення; 3 – пробка (прочистка)

Порядок розрахунку і конструювання мережі господарсько-побутової системи водовідведення

Гідравлічний розрахунок трубопроводів внутрішньої господарсько-побутової мережі водовідведення треба вести за величиною максимальної секундної витрати, яка залежить від загальної витрати в системі внутрішнього холодного і гарячого водопроводу.

Так розрахункова витрата господарсько-побутових стічних для каналізаційного стояка визначається за залежністю:

$$q^s = q^{tot} + q_0^s, \quad (2.22)$$

де q^{tot} – максимальна секундна загальна витрата (холодна і гаряча) стічних вод, л/с; q_0^s – розрахункова максимальна кількість стічних вод, л/с, від приладу з максимальною витратою. На практиці, як правило, в якості такого приладу приймається унітаз зі змивним бачком з максимальною секундною витратою стічних вод 1,6 л/с.

Для горизонтальних відвідних трубопроводів систем каналізації розрахунковою треба вважати витрату, л/с, значення якої обчислюється залежно від кількості санітарно-технічних приладів N , які приєднані до проектуємої ділянки трубопроводу L , м, за формулою:

$$q^{SL} = \frac{q_{hr}^{tot}}{3,6} + K_S \times q_0^{S,2}, \quad (2.23)$$

де q_{hr}^{tot} – максимальна загальна (холодна плюс гаряча) витрата води за годину, м³/год; K_S – коефіцієнт, який приймається за [2, табл. А.4].

В цьому випадку за довжину приймається відстань від останнього на розрахунковій ділянці стояка до найближчого наступного стояка або, за відсутності таких приєднань, до найближчого каналізаційного колодязя.

Діаметри каналізаційних трубопроводів для відводу стічних вод від окремих санітарно-технічних приладів, розводок на поверхах і стояків призначаються конструктивно без спеціального розрахунку. Ванна, умивальник, кухонна мийка, підключаються до внутрішньої каналізаційної мережі трубою діаметром 50 мм, унітази – 100 мм. На поверхах труби $d = 50$ мм прокладаються з похилом 0,03, $d = 100$ мм – 0,02, $d = 150$ мм – 0,012. Діаметри каналізаційних стояків визначаються за [2, табл. 10–13] залежно від витрати по стояку і кута приєднання до нього відводів на кожному поверсі.

Гідравлічний розрахунок треба проводити тільки для магістральних відвідних трубопроводів у підвалі і випусків. Для цього необхідно використовувати таблиці для гідравлічного розрахунку мереж водовідведення [11]. При цьому швидкість руху стічних вод у трубі має бути не менше 0,7 м/с, а наповнення – в межах 0,3–0,8.

Вважається, що співвідношення між прийнятими гідравлічними характеристиками труб визначені вдало, якщо буде виконуватись умова:

$$V \sqrt{\frac{H}{d}} \geq K, \quad (2.24)$$

де $K = 0,5$ – для трубопроводів з пластмасових труб; $K = 0,6$ – для трубопроводів з інших матеріалів.

У випадку, коли на окремих ділянках магістралі або випусках умову (2.24) не вдається виконати через незначні витрати води, що проходять по них, діаметри і похили труб приймають конструктивно за аналогією з розводками на поверхах.

Розрахунок внутрішньоквартальних трубопроводів господарсько-побутової системи водовідведення виконують аналогічно розрахунку мереж всередині будинку.

Схеми внутрішнього дощового водовідведення

Дана система призначена для відведення дощових і талих вод з покрівлі будівлі. За висоти будівель до 10 м дозволяється неорганізований відвід дощових вод з покрівлі. За висоти будівель до шести поверхів можна улаштовувати водовідвід оцинкованими трубопроводами, які кріплять до зовнішніх стін будівель. За більшої висоти будинків або їхньої великої площі проєктують внутрішні водовідвідні дощові мережі. Принципову схему такої системи наведено на рис. 2.15.

Водоприймальні воронки, призначені для приймання дощових і талих вод, встановлюють на покрівлі будинку. Відповідно до будівельних норм в одному жолобку слід улаштовувати не менш як дві водостічні воронки.

Водовідвідні трубопроводи від воронок прокладають на технічному поверсі з похилом $i = 0,005$ в бік водостічного стояка. В місцях повороту труб встановлюють прочистки, на першому поверсі на водостічному стояку – ревізію.

Більш раціональним варіантом облаштування внутрішньої водостічної мережі є відведення вод у зовнішню мережу (рис. 2.15, *a*). Інший варіант (рис. 2.15, *б*) застосовують у випадку, коли в районі будівництва немає зовнішньої міської дощової мережі водовідведення. Випускають дощові води на вимощення біля будинку. Перед випуском на стояку влаштовують гідравлічний затвор. У перехідний період між зимою і весною сніг на покрівлі будинку тоне, тала вода заповнює стояк. У такий ситуації дозволяється талу воду із стояка відводити до господарсько-побутової мережі водовідведення будинку.

Відвідні трубопроводи від воронок на технічному поверсі прокладають з безнапірних труб (чавун, поліетилен). Водостічні стояки і випуск монтують з напірних трубопроводів (сталь, поліетилен, чавун).

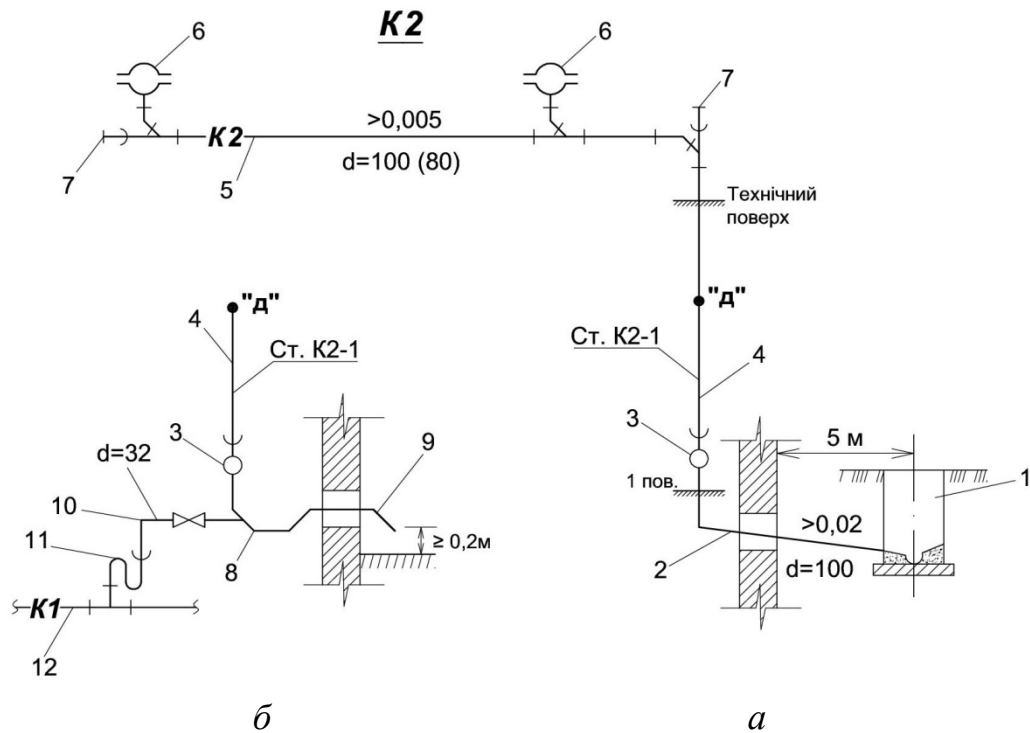


Рис. 2.15. Схема внутрішніх водостоків:

а – варіант відведення дощових вод у зовнішню водовідвідну мережу;

б – варіант випуску дощових вод на вимощення біля будівлі;

1 – колодязь зовнішньої дощової мережі; 2 – випуск; 3 – ревізія; 4 – стояк дощових вод; 5 – підвісний трубопровід на технічному поверсі;

6 – водоприймальна воронка; 7 – прочистка; 8 – гідравлічний затвор; 9 – випуск на вимощення; 10 – сталевий трубопровід $d = 32$ мм; 11 – сифон; 12 – внутрішня господарсько-побутова система водовідведення

Витрату дощових вод з покрівлі будинку розраховують за залежностями:

– для плоских покрівель (ухил $\leq 1,5\%$)

$$Q = \frac{Fq_{20}}{10000} \text{ [л/с]}; \quad (2.25)$$

– для похилих покрівель (ухил $> 1,5\%$)

$$Q = \frac{Fq_5}{10000} \text{ [л/с]}, \quad (2.26)$$

тут

$$q_5 = 4^n * q_{20}, \quad (2.27)$$

де q_{20} – інтенсивність двадцятихвилинного дощу, л/с з га (для певної місцевості), за період одноразового перевищення розрахункової інтенсивності, рівній одному року (для м. Києва $q_{20} = 100$ л/(с·га)); q_5 – інтенсивність п'ятихвилинного дощу; n – параметр, який залежить від місцевості, на якій ведеться будівництво (для міста Києва $n = 0,69$);

$F = F_1 + 0,3F_2$ – розрахункова площа, м²; F_1 – дійсна площа покрівлі в плані, м²; F_2 – площа вертикального бортика, який огорожує поверхню покрівлі по периметру, м².

Діаметр вертикального водостічного стояка добирають залежно від розрахункової витрати дощових вод за будівельними нормами.

Підбирають діаметр горизонтальних відвідних трубопроводів дощових систем в підвалі і на випуску з будівлі за аналогією з трубопроводами господарсько-побутової системи (формула 2.24) за умови, що наповнення труб становить $H/D = 1$ (розрахунковим вважають випадок, коли водовідвідна дощова труба працює повним перерізом).

Запитання для самоперевірки

1. Наведіть схему внутрішнього водопроводу з насосом і гідропневмобаком.
2. Наведіть зонну схему внутрішнього водопроводу.
3. Які основні типи арматури застосовують у внутрішніх водопроводах?
4. Як здійснюють підбір водолічильників?
5. Що таке диктуючий прилад і як його вибирають?
6. Як визначають розрахунковий напір на вводі водопроводу?
7. Наведіть схему послідовного і паралельного з'єднання насосів.
8. У чому полягають особливості спринклерної і дренчерної систем пожежогасіння?
9. Як визначають витрату води в системах гарячого водопостачання?
10. Наведіть порядок розрахунку нагрівачів гарячої води.
11. Назвіть і наведіть позначення основних типів приймальників стічних вод.
12. Назвіть і наведіть позначення основних типів фасонних частин.
13. Наведіть порядок розрахунку внутрішніх систем водовідведення.
14. Як розраховують витрату дощових вод з покрівлі будівлі?
15. Поясніть зміст і величину показника інтенсивності дощу q_{20} .

РОЗДІЛ 3 ВОДОВІДВЕДЕННЯ

3.1. Основні схеми зовнішніх водовідвідних мереж

Схеми систем водовідведення міст, промислових комплексів можуть бути централізованими, децентралізованими і регіональними.

За **централізованої** схеми (рис. 3.1) стічні води всіх басейнів водовідведення спрямовують по одному або кільком колекторам на одну для всього міста очисну станцію, розміщену нижче за течією річки. **Децентралізовані** схеми застосовують у водовідведенні від великих міст за умови, що рельєф місцевості або дуже плоский, або дуже нерівномірний. У такому випадку влаштовують **районні** схеми із окремими очисними спорудами.

Для кількох досить близько розташованих населених пунктів і промислових підприємств в промислових і щільнонаселених районах застосовують **регіональні** схеми водовідведення. При цьому планують одну очисну станцію великої продуктивності замість кількох малопотужних очисних споруд.

Трасування (напрямок прокладання) водовідвідних трубопроводів залежить переважно від рельєфу місцевості, планування населеного пункту і місця водойми, в яку скидатимуться очищені стічні води. Відповідно до цього розрізняють такі схеми водовідведення:

– **перпендикулярну** (рис. 3.1, *а*) – колектори басейнів водовідведення прокладають перпендикулярно до напрямку потоку води у водоймі і перпендикулярно горизонталям. Таку схему застосовують для скидання вод, які не потребують очищення (дощові, умовно чисті виробничі);

– **пересічену** (рис. 3.1, *б*) – колектори басейнів водовідведення прокладають перпендикулярно до напрямку потоку води у водоймі і перехоплюються головним колектором, направленим паралельно до річки. Таку схему застосовують за плавного зниження рельєфу місцевості до водойми і потреби в обов'язковому очищенні стічних вод;

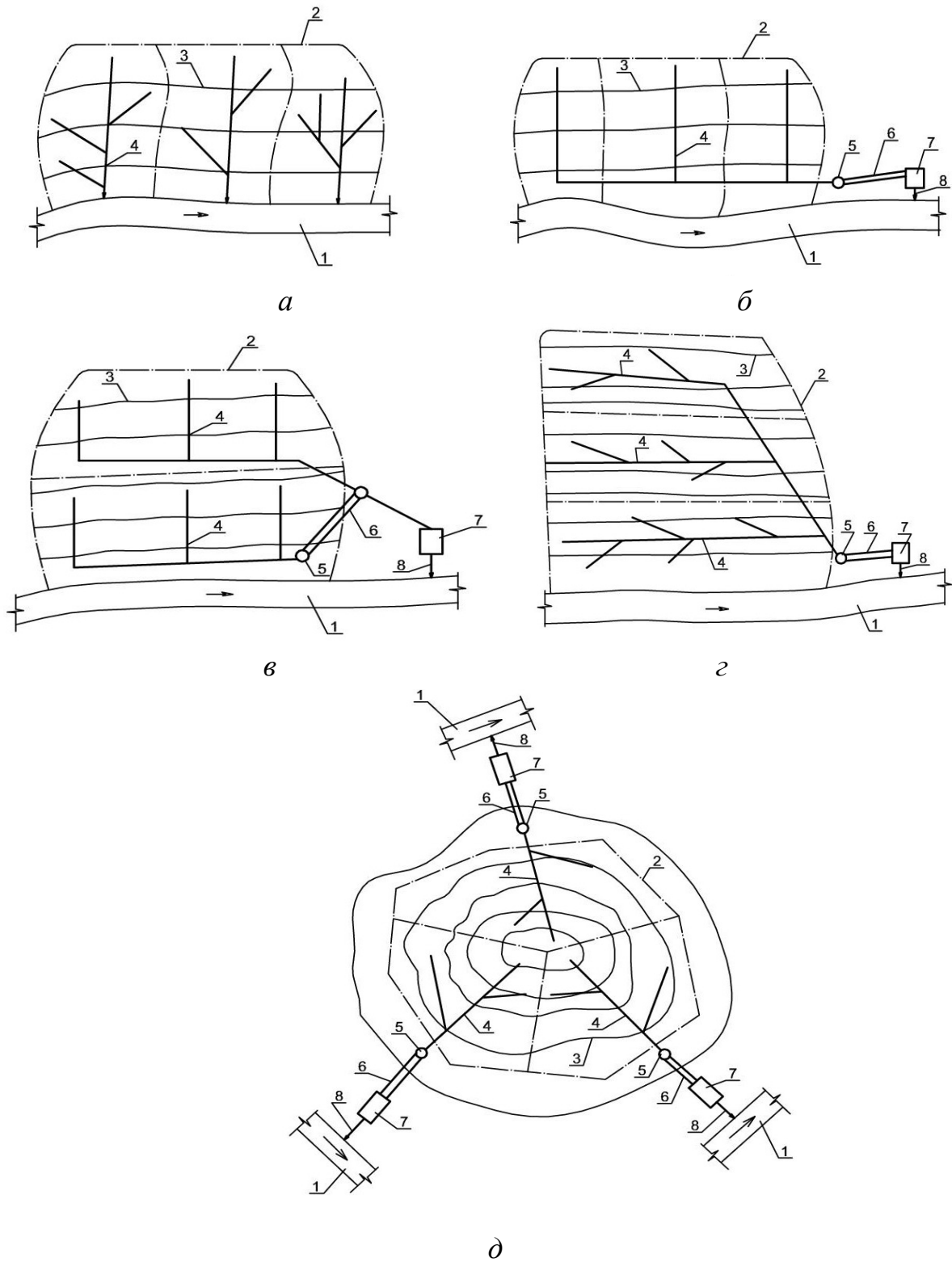


Рис. 1.1. Схеми водовідвідних мереж:

a – перпендикулярна; *б* – пересічена; *в* – паралельна; *г* – зонна; *д* – радіальна;
 1 – водойма (річка); 2 – басейни каналізування (водовідведення); 3 – горизонталі;
 4 – головні колектори басейнів водовідведення; 5 – головна каналізаційна насосна станція; 6 – напірні колектори (водоводи); 7 – очисні споруди водовідведення;
 8 – випуск очищених стічних вод у водойми

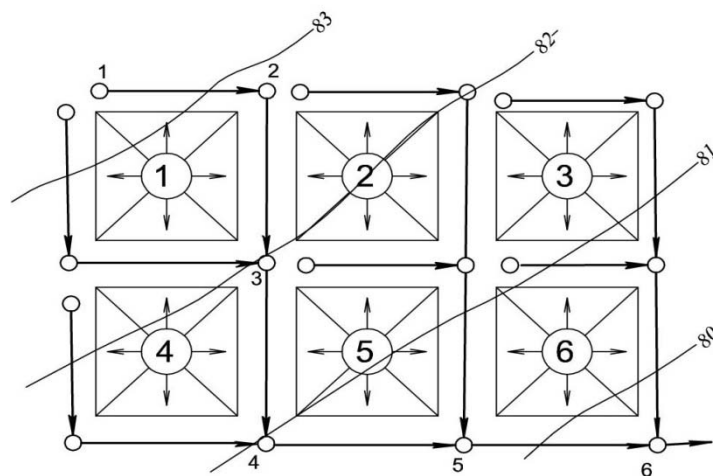
– **паралельну (віялову)** (рис. 3.1, *в*) – колектори басейнів водовідведення направляють паралельно або під невеликим кутом до напрямку потоку води у водоймі і перехоплюють головним колектором, який транспортує стічні води до очисних споруд. Таку схему застосовують за різкого падіння рельєфу місцевості до водойми. Це дає змогу уникнути в колекторах підвищення швидкості руху води, яка може спричинити руйнування трубопроводів;

– **зонну (поясну)** (рис. 3.1, *г*) – територію, що обслуговується, поділяють на дві (рідше – на декілька) зони: з верхньої зони стічні води відводять до очисних споруд самопливом, з нижньої їх перекачує насосна станція. Кожна зона має схему, аналогічну одній із наведених раніше. Зонну схему застосовують за нерівномірного похилу місцевості і неможливості або недоцільності (з різних причин) відведення стічних вод з частини території самопливом;

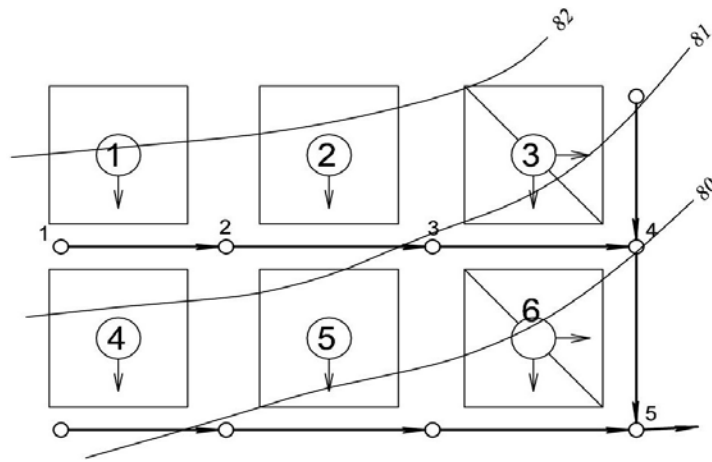
– **радіальну** (рис. 3.1, *д*) – відведення стічних вод здійснюють на декілька очисних станцій. Схему застосовують за складного рельєфу місцевості та у великих містах.

Залежно від рельєфу місцевості, розмірів кварталів, особливостей забудови зовнішні міські мережі водовідведення прокладають (трасують) за такими схемами:

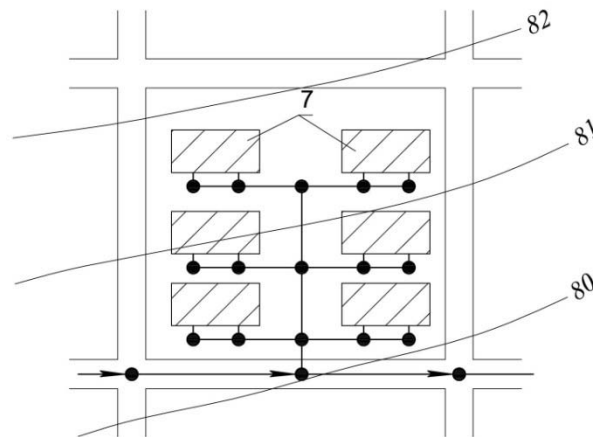
– **охоплювальна** (рис. 3.2, *а*), яку застосовують за плоского рельєфу або невеликого похилу поверхні землі ($i \leq 0,005-0,007$) і досить великих розмірів кварталів (понад 450 м). Трасування мережі здійснюють навколо всіх сторін кварталу, при цьому вважають, що трубопровід кожної із сторін обслуговує тільки певну частину загальної площі кварталу;



а



б



в

Рис. 3.2. Схеми трасування міських мереж водовідведення:
a – охоплювальна; *б* – по пониженій грані; *в* – черезквартальна;
 1...6 – квартали; 7 – окремі будинки всередині кварталу

– схему **по пониженій стороні (грані) кварталу** (рис. 3.2, *б*) застосовують за досить великих похилів поверхні землі в одну або дві сторони кварталу. Трубопроводи системи водовідведення при цьому прокладають вздовж сторони (сторін), які мають найнижчі позначки місцевості;

– **черезквартальна** (рис. 3.2, *в*) – схема, відповідно до якої трубопроводи прокладають всередині кварталів з приєднанням конкретних будинків, що скорочує загальну довжину водовідвідних мереж і полегшує перетинання трубопроводами перехресть вулиць.

3.2. Улаштування водовідвідних мереж

Водовідвідні колектори в місті по можливості слід прокладати вздовж проїжджої частини вулиць. З'єднання різних колекторів слід виконувати під

кутом 90° . Мінімальна глибина прокладання трубопроводів діаметром до 500 мм становить 0,3 м, для труб більших діаметрів – 0,5 м, менше глибини промерзання ґрунту, відраховуючи від верху труби, але не менш як 0,7 м до верху труби (за умови руху автотранспорту і недопущення механічного руйнування труби). Максимальна глибина прокладання водовідвідних труб за відкритого способу ведення робіт становить 8 м. За більшої глибини прокладання застосовують закритий спосіб проходки.

Для будівництва самопливних водовідвідних мереж зазвичай застосовують безнапірні труби і канали різної форми поперечного перерізу (рис. 3.3).

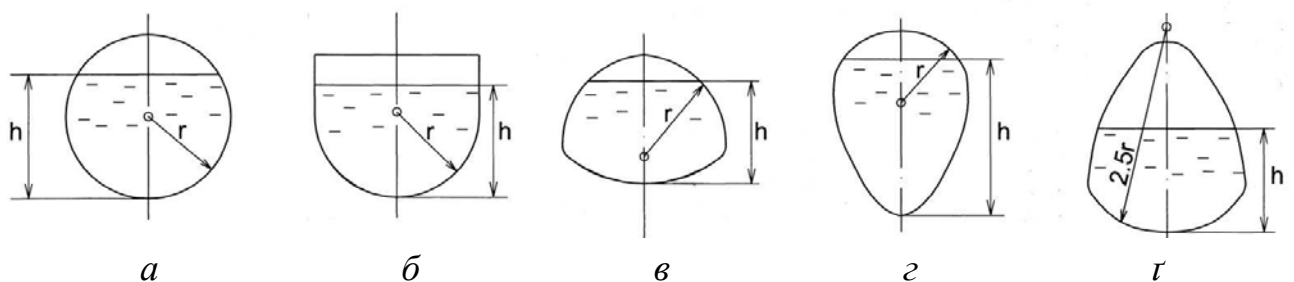


Рис. 3.3. Форми перерізів водовідвідних труб і каналів:

a – кругла; *б* – напівкругла; *в* – лоткова; *г* – овоїдальна; *г* – шатрова

Найбільш поширеними є труби круглого перерізу. Мінімальний діаметр внутрішньоквартальних господарсько-побутових мереж водовідведення становить 150 мм, міських – 200 мм. Для мереж, якими відводять дощові води, – 250 мм. За діаметра труб, меншого від 600 мм, найчастіше використовують керамічні труби, за більшого діаметра – бетонні, залізобетонні. Останнім часом дедалі частіше застосовують труби з полімерних матеріалів.

Мінімальний похил, з яким можна прокладати водовідвідні труби, приблизно визначають за залежністю $i_{min} = 1/D$ (D – діаметр трубопроводу в мм). Для господарсько-побутових і близьких до них виробничих вод мінімальна швидкість руху дорівнює 0,7 м/с. Максимально допустима швидкість руху води в неметалевих трубах становить 4 м/с, для металевих – 8 м/с. Розрахункове наповнення труби (H/D), яке залежить від діаметра труби, повинно бути у межах 0,3–0,8 для відведення господарсько-побутових стічних вод і дорівнювати 1 – для дощових.

Споруди на водовідвідних мережах

Для огляду і прочищення мережі водовідвідних колекторів на ній встановлюють колодязі різного призначення (рис. 3.4).

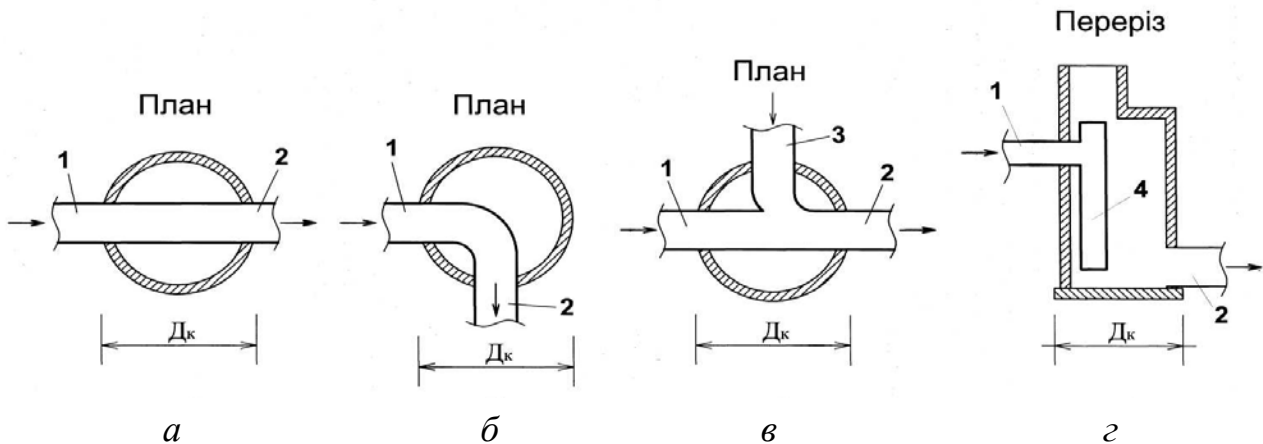


Рис. 3.4. Схеми колодязів на водовідвідних мережах:

a – лінійні; *б* – поворотні; *в* – вузлові; *г* – перепадні;

1 – підвідний трубопровід; 2 – відвідний трубопровід; 3 – приєднаний трубопровід; 4 – перепадний стояк; 5 – чавунна плита

– **лінійні колодязі** влаштовують на прямих ділянках трубопроводів на різній відстані один від одного залежно від діаметра труби (від 35 м для труби $D = 150$ мм до 200 м за $D = 1500\text{--}2000$ мм);

– **поворотні колодязі** встановлюють у всіх точках повороту мережі. При цьому лоток повинен мати радіус повороту, не менший від діаметра труби, а кут повороту не менший за 90° ;

– **вузлові колодязі** застосовують для з'єднання мереж водовідведення;

– **контрольні колодязі** влаштовують у місцях приєднання внутрішньо-квартирної (дворової) або виробничої мережі до міської (вуличної);

– **перепадні колодязі** проєктують в місцях, де треба перемістити стічні води з вищої відмітки до нижчої. Вони слугують для гасіння енергії потоку, розміщують їх на перетині з підземними спорудами і на випусках перед скиданням очищеної води у водойму.

Схему лінійного колодязя наведено на рис. 3.5.

Як видно з рис. 3.5, загальна глибина колодязя системи водовідведення господарсько-побутових стічних вод становить:

$$H_{\text{кол}} = H_{\text{гор}} + H_{\text{роб}} + H_{\text{лот}}, \quad (3.1)$$

де $H_{\text{гор}}$ – висота горловини; $H_{\text{роб}}$ – висота робочої частини колодязя (по можливості приймають $H_{\text{роб}} = 1,8$ м); $H_{\text{лот}}$ – глибина (висота) лотка (не нижче рівня верху труби більшого діаметра).

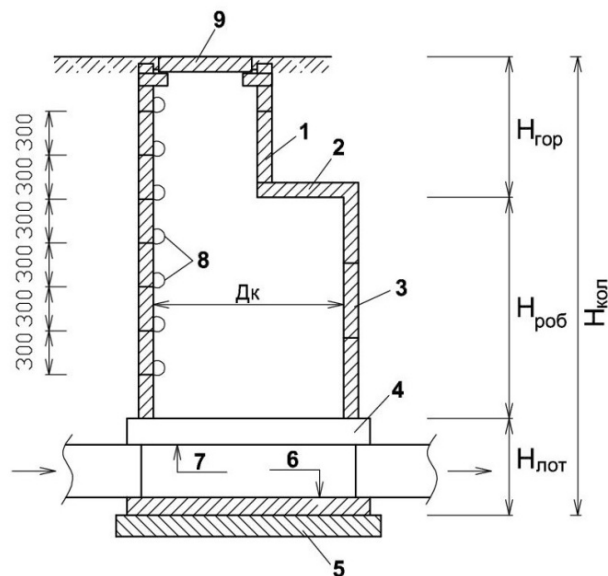


Рис. 3.5. Схема лінійного оглядового колодязя із збірних залізобетонних елементів:

- 1 – горловина (з/б кільця $h = 300$ мм, $D = 700$ мм); 2 – з/б плита перекриття;
 3 – робоча частина (з/б кільця $h = 900$ мм, $D = 1000, 1500, 2000$ мм); 4 – лоток (монолітний бетон марки 200); 5 – з/б плита основи; 6 – низ лотка (відмітка лотка); 7 – шелига (верхня точка труб, що входять і виходять з колодязя); 8 – ходові скоби або драбина; 9 – люк

Встановлювати люки слід на одному рівні з поверхнею проїжджої частини доріг з удосконаленим покриттям або на 50–70 мм вище від поверхні землі у зеленій зоні і на 200 мм вище від поверхні землі на незабудованій території. З'єднують трубопроводи різних діаметрів у колодязях по шелигах трубопроводів.

Умови прийняття стічних вод у міську водовідвідну мережу

Практика експлуатації мереж водовідведення населених пунктів засвідчила, що найбільш раціональним з техніко-економічного погляду є сумісне відведення і очищення господарсько-побутових і виробничих стічних вод. Однак це можливо тільки тоді, коли якісний склад цих вод схожий між собою або коли у виробничих стічних водах концентрація забруднень за деякими показниками не перевищує гранично допустимих значень (ГДК), визначених для них у разі скидання в мережу водовідведення. У випадках, коли виробничі стічні води не задовольняють визначеним умовам, їх треба попередньо очищувати і відводити у водовідвідні мережі роздільно. Наводимо деякі значення ГДК для виробничих стічних вод: завислі речовини – 500 мг/л; БСК_{повн} – 350 мг/л; рН – 6,5–8,5; температура – 40 °С.

3.3. Каналізаційні насосні станції

Подачу господарсько-побутових і виробничих стічних вод від населеного пункту до очисних споруд здійснює **головна каналізаційна насосна станція**. Для підйому стічних вод із заглибленого колектору і їхнього транспортування до верхнього колектору слугують **районні насосні станції**.

Місце розташування насосних станцій визначають у процесі складання загальної схеми системи водовідведення населеного пункту на підставі техніко-економічних розрахунків. Зазвичай насосні станції для перекачування стічних вод споруджують у найбільш понижених частинах території, на якій улаштовують систему водовідведення. Найбільшого поширення набули насосні станції шахтного типу, прямокутні в плані, з надземним павільйоном (рис. 3.7).

Для перекриття доступу стічних вод у насосну станцію у разі аварійної зупинки насосів перед нею встановлюють спеціальний колодезь, в якому розміщують засувку для від'єднання підвідного колектору і засувку для відкриття трубопроводу, по якому здійснюють аварійне скидання стічних вод.

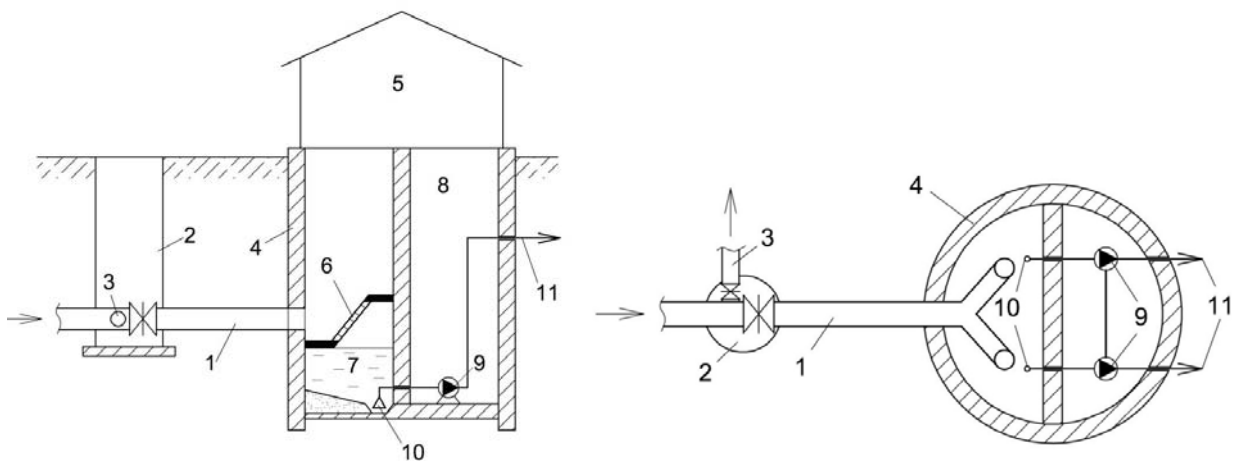


Рис. 3.7. Схема насосної станції водовідведення

шахтного типу з надземним павільйоном:

- 1 – самопливний підвідний колектор; 2 – аварійний колодезь; 3 – аварійний випуск; 4 – шахтний колодезь; 5 – надземний павільйон; 6 – решітка;
- 7 – приймальний резервуар; 8 – машинна зала; 9 – насоси з електродвигунами;
- 10 – всмоктувальні трубопроводи; 11 – напірні трубопроводи

3.4. Очисні споруди систем водовідведення

Склад і властивості стічних вод

Залежно від природи утворення стічні води поділяють на три категорії: господарсько-побутові, виробничі й атмосферні.

За своєю природою забруднення поділяються на органічні, мінеральні, біологічні і бактеріологічні. **Органічні забруднення** – це домішки рослинного і тваринного походження. **Мінеральні забруднення** – це пісок, глина, розчини мінеральних солей, кислот, лугів, мінеральні масла та ін. **Біологічні і бактеріальні забруднення** – це різноманітні мікроорганізми: дріжджові та плісняві грибки, дрібні водорості і бактерії, зокрема хвороботворні. За хімічним складом вони належать до органічних забруднень, але їх виділяють в окрему групу через особливості їхньої взаємодії із забрудненнями інших видів. Приблизне співвідношення різних видів забруднень у господарсько-побутових стічних водах таке: мінеральні – 42%, органічні – 58%.

Щодо складу забруднень стічних вод, то одним з основних понять є **концентрація забруднень** (тобто маса забруднень в одиниці об'єму води), яка виражається в мг/л або г/м³. Зазвичай в стічних водах від населеного пункту концентрація забруднень є максимальною у ранішні і вечірні години, а мінімальна – вночі. У зимовий період концентрація забруднень вища, ніж улітку, оскільки об'єм водовідведення на одного мешканця взимку зменшується. За сезонами року відчутно змінюється також температура стічних вод.

Залежно від розмірів частинок (ступеня дисперсності) органічні і мінеральні забруднення в стічних водах можуть бути в розчиненому, колоїдному і нерозчинному стані.

Нерозчинні речовини являють собою крупні зависі, суспензії, емульсії і піни. Частина цих нерозчинних речовин, яка затримується на фільтрі з паперу, називається **завислими речовинами**. Цей параметр (концентрація завислих речовин, мг/л) є одним з найважливіших технологічних і нормативних показників якості води. За чинними нормами кількість завислих речовин, що надходять із стічними водами від однієї людини за добу, становить 65 грамів. Концентрація завислих речовин у міських стічних водах зазвичай дорівнює (100–500) мг/л.

Ступінь забруднення стічної води органічними речовинами, які знаходяться в ній у завислому, колоїдному і розчиненому стані, може бути визначена за кількістю кисню (кисневий еквівалент), потрібного для

життєдіяльності мікроорганізмів (мінералізаторів), які беруть участь в окисненні органічних сполук. Цей показник має назву **біохімічне споживання кисню (БСК)** і виражається кількістю кисню в міліграмах на 1 л (мг/л) або в грамах на 1 м³ (г/м³). Біохімічне споживання кисню стічною рідиною визначають за 20 і за 5 діб (позначають відповідно БСК₂₀ (або БСК_{повн}) і БСК₅. За чинними нормами БСК_{повн} становить (40–50) г кисню на одну людину за добу. БСК_{повн} міських стічних вод, які надходять на очисні споруди, зазвичай знаходиться в межах (100–500) мг/л.

Для більш повної оцінки вмісту органічних речовин у стічній воді визначають хімічне споживання кисню. **Хімічним споживанням кисню (ХСК)** є кількість кисню, потрібного для хімічного окиснення органічних речовин стічної води до кінцевих мінеральних продуктів окиснення. ХСК завжди більше за БСК_{повн}.

Окрім розглянутих (завислі речовини, БСК₂₀), під час очищення стічних вод здійснюють аналіз і щодо інших видів забруднень. До основних з них належать: запах, кольоровість, прозорість, рН, наявність сполук азоту, фосфатів, хлоридів, поверхнево-активних речовин, колі-індекс та ін.

Методи очищення стічних вод

Метод і ступінь очищення стічних вод визначають залежно від місцевих умов з огляду на можливе використання очищених стічних вод для промислових або сільськогосподарських потреб. Розрізняють механічні, фізико-хімічні і біохімічні методи очищення. Для ліквідації бактеріального забруднення стічних вод вдаються до знезараження (дезінфекції).

Механічне очищення застосовують для видалення із стічної рідини тих забруднень, які знаходяться в ній у нерозчиненому (грубодисперсному) і частково у колоїдному стані. Очищення здійснюють шляхом проціджування, відстоювання і фільтрування. До основних споруд механічного очищення належать решітки, сита, пісковловлювачі, відстійники, жиро- і нафтовловлювачі, фільтри та ін.

Фізико-хімічні методи очищення до міських стічних вод, з огляду на техніко-економічні показники, застосовують досить рідко. В основному їх використовують для очищення виробничих стічних вод. До них належать коагуляція, сорбція, нейтралізація, електроліз, озонування, хлорування та ін.

Біохімічні (біологічні) методи очищення стічних вод базуються на життєдіяльності мікроорганізмів, які окиснюють і мінералізують органічні сполуки, що знаходяться у стічній воді у розчиненому вигляді (тонкі суспензії

або колоїди). Органічні забруднення є для мікроорганізмів джерелом живлення. Споруди біологічного очищення умовно поділяють на два основних типи: 1) споруди, в яких очищення здійснюється в умовах, близьких до природних (фільтрувальні колодязі і траншеї, поля зрошення і поля фільтрації, біологічні ставки); 2) споруди, в яких очищення відбувається у штучно створених умовах (аеротенки, біофільтри).

Якщо ступінь очищення стічної води на основних спорудах не задовольняє місцевим вимогам, то потрібно здійснити її **доочищення**. Для цього використовують фільтри, біологічні ставки або спеціальні фізико-хімічні методи.

Завершальним етапом очищення стічних вод перед скиданням у водойму є їхня **дезінфекція (зnezараження)**, яке виконують зазвичай хлоруванням. Останнім часом широко застосовують метод зnezараження очищених стічних вод за допомогою ультрафіолетового опромінення бактерицидними лампами.

Осад, що утворюється в процесі очищення, також підлягає обробці, яка полягає в його зневодненні (зменшенні об'єму) і зnezараженні. Після належної обробки отриманий осад часто використовують як добриво для вирощування сільськогосподарських культур.

Очищення стічних вод у природних умовах

Очищення стічних вод у природних умовах можливе тільки у випадку малих витрат і незначної концентрації забруднень. Ґрунтові води в місцях створення таких споруд повинні знаходитись на глибині, не меншій, як 1 м від відмітки низу конструкцій.

За витрати стічних вод до 1 м³/добу і доброї фільтрувальної здатності ґрунтів для очищення застосовують фільтрувальні колодязі (рис. 3.8), які влаштовують із залізобетонних кілець або з цегли.

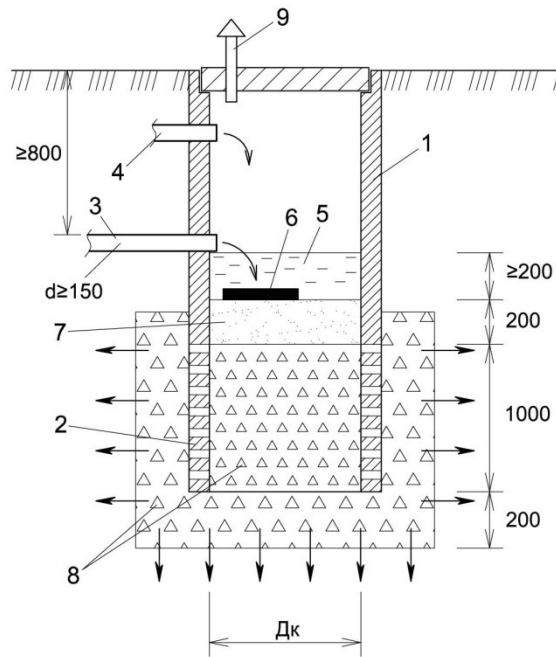


Рис. 3.8. Схема фільтрувального колодязя:

- 1 – суцільні бокові стінки; 2 – перфорована частина бокових стінок; 3 – труба для подачі проясненої води після септиків; 4 – труба (за потреби) для відведення води від умивальників і душів; 5 – шар води; 6 – відбивна плита; 7 – шар піску; 8 – шар щебінки і гравію; 9 – вентиляційна труба

Фільтрація проясненої води з колодязя здійснюється через фільтр на його дні і біля перфорованих бічних стінок. Фільтр виконують із щебінки або гравію крупністю 40–60 мм. Висота шару щебінки в колодязі сягає 1 м. Пропускна здатність колодязя, залежно від складу ґрунтів, становить від 80 до 40 л/добу на 1 м² бічної поверхні колодязя (рис. 3.9).

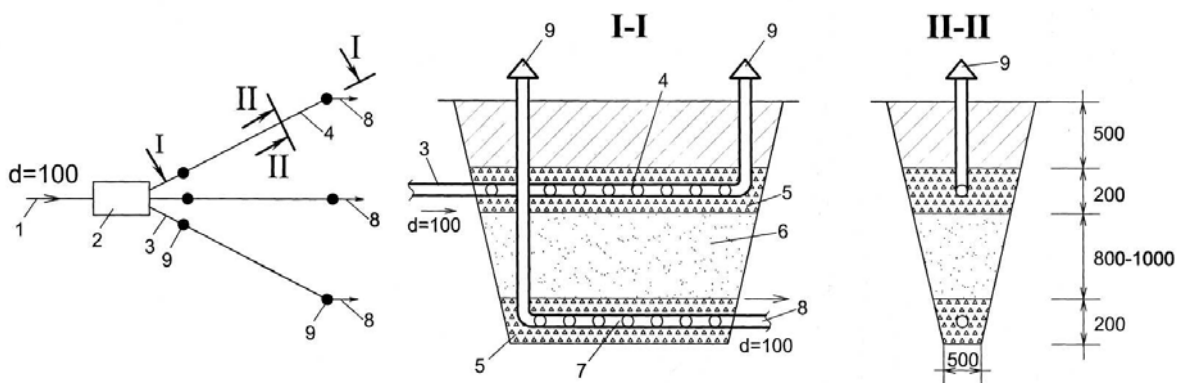


Рис. 3.9. Схема фільтрувальних траншей:

- 1 – відвідна від об'єкта труба; 2 – септик; 3 – трубопровід подачі проясненої води; 4 – зрошувальні розподільчі перфоровані трубопроводи; 5 – шар щебінки (гравію); 6 – шар піску; 7 – дренажний збірний перфорований трубопровід; 8 – відвідний трубопровід; 9 – вентиляційна труба

За витрати стічних вод до 15 м³/добу і слабо фільтрувальних ґрунтів (суглинки, глини) рекомендується застосовувати фільтрувальні траншеї, які являють собою штучні заглиблення, в які вкладають зрошувальні і дренажні перфоровані трубопроводи.

За більшої витрати очищення стічних вод може відбуватись на полях фільтрації і полях зрошення, біологічних ставках.

Очищення стічних вод у штучно створених умовах

У великих населених пунктах, за суттєвих витрат стічних вод і значної концентрації забруднень, очищення можливе тільки на штучно створених очисних спорудах, часто з використанням реагентів різних типів. Принципову (типову) схему очисних споруд стічних вод від населеного пункту наведено на рис. 3.10.

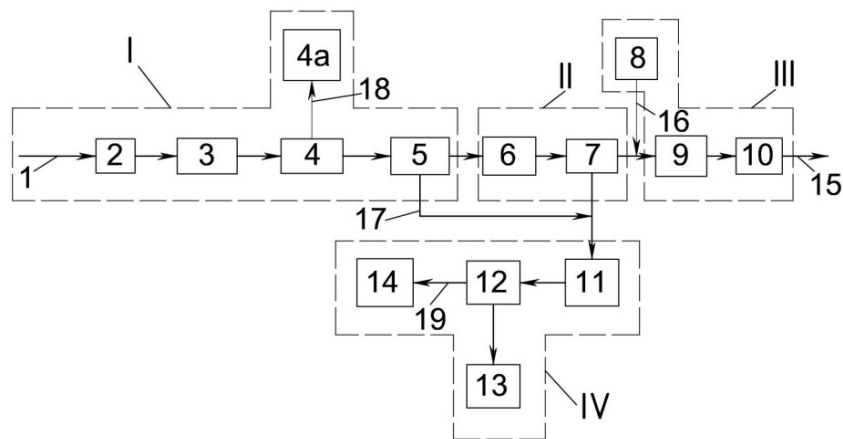


Рис. 3.10. Принципова схема розміщення штучно створених очисних споруд:

- 1 – трубопровід від міської насосної станції водовідведення; 2 – приймальна камера; 3 – решітки-дробарки; 4 – пісковловлювачі; 4^a – піскові майданчики; 5 – первинні відстійники; 6 – аеротенки (біофільтри); 7 – вторинні відстійники; 8 – хлораторна; 9 – змішувач; 10 – контактний резервуар; 11 – мулозгущувач; 12 – метантенк; 13 – мулові майданчики; 14 – газгольдери; 15 – трубопровід відведення очищеної води у природну водойму; 16 – трубопровід подачі хлорної води; 17 – трубопровід відведення мулу; 18 – трубопровід відведення піску; 19 – трубопровід відведення газу

На представленій схемі споруди I (позиції 2,3,4,5) належать до споруд механічного очищення, споруди II (позиції 6,7) – до споруд біологічного очищення, споруди III (позиції 8,9,10) – до споруд знезараження очищених стічних вод, споруди IV (позиції 11,12,13,14) – до споруд обробки осаду.

3.5. Дощова мережа водовідведення

Зовнішня дощова (зливова) мережа водовідведення призначена для організованого і досить швидкого відведення з території міста або промислового підприємства атмосферних опадів і талих вод. Окрім того, іноді в дощову мережу водовідведення скидають умовно чисті виробничі води, які утворюються внаслідок технологічних процесів на промислових підприємствах.

Відповідно до чинних норм витрати дощових вод на ділянках мережі визначають за методом граничних інтенсивностей за формулою:

$$q_r = \frac{A^{1,2} Z_{mid} F}{t_r^{1,2n-0,1}}, \quad (3.2)$$

де A , n – параметри, які залежать від району будівництва і визначаються за будівельними нормами [3]; Z_{mid} – середнє значення коефіцієнта, який характеризує поверхню басейну стоку (для міста приблизно $Z_{mid} \approx 0,15$); F – площа стоку, га; t_r – розрахункова тривалість дощу, хв.

Параметр A розраховують за формулою:

$$A = q_{20} \cdot 20^n \left(1 + \frac{\lg P}{\lg m_r}\right)^\gamma, \quad (3.3)$$

де q_{20} – інтенсивність дощу, л/с, тривалістю 20 хв на 1 га площі поверхні для певної місцевості за $P = 1$ рік; P – період одноразового перевищення розрахункової інтенсивності дощу; m_r – середня кількість дощів на рік; γ – показник степені.

Розрахункову витрату дощових вод (л/с) знаходять із співвідношення:

$$q_p = \beta q_r, \quad (3.4)$$

де β – коефіцієнт, який відображає заповнення вільного об'єму мережі в момент початку надходження дощових вод.

Наведені параметри для м. Києва становлять: $q_{20} = 100$ л/(с*га); $P = 1,0$; $n = 0,69$; $m_r = 143$; $\gamma = 1,82$; $\beta = 0,66$.

Розрахункову тривалість дощу t_r , хв, обчислюють за формулою:

$$t_r = t_{con} + t_{can} + t_p, \quad (3.5)$$

де t_{con} – час поверхневої концентрації – час стоку води від найбільш віддаленої точки кварталу до водостічного лотка, що утворюється проїжджою частиною дороги і її бордюром каменем, дорівнює 3–5 хв за наявності внутрішньоквартальних водовідвідних мереж і 5–10 хв – якщо їх немає;

t_{can} – час руху води по водостічному лотку, в кінці якого розміщений дощоприймач, визначають за залежністю:

$$t_{can} = 1,25 \frac{l_l}{V_l 60}, \quad (3.6)$$

де l_l – довжина лотка, м; V_l – швидкість руху води в кінці лотка, м/с; 1,25 – коефіцієнт, у якому враховано меншу швидкість на початку лотка; якщо об'єкт, що обслуговується, має внутрішньоквартальні мережі, час руху води по водостічному лотку дорівнює нулю ($t_l = 0$); t_p – час руху води по розрахункових ділянках вуличного колектора визначають за формулою:

$$l_p = \sum \frac{l_{mp}}{V_{mp} 60}, \quad (3.7)$$

де l_{mp} – довжина розрахункових ділянок колектора, м; V_{mp} – швидкість руху води на певній ділянці, м/с.

Гідравлічний розрахунок міських дощових мереж водовідведення також виконують за таблицями за умови повного наповнення труби ($H/d = 1$), тобто випадку, коли труба працює повним перерізом. Мінімальний діаметр міських дощових мереж становить 250 мм, мінімально допустима швидкість руху дощових вод – 0,7 м/с.

Для прокладання дощової мережі водовідведення застосовують безнапірні труби, зокрема залізобетонні і поліетиленові.

Для приймання атмосферних вод з поверхні землі і відведення їх у дощову мережу водовідведення облаштовують спеціальні колодязі-**дощоприймачі**, які являють собою перекриті ґратами заглиблені камери (рис. 3.11).

Встановлюють дощоприймачі в понижених місцях біля пішохідних переходів. Їхня стандартна глибина – 1,13 м. Відстань між дощоприймачами залежить від похилу поверхні вулиць, але повинна бути не більшою за 60 м. Похил відвідного трубопроводу від дощоприймача до колодязя міської дощової мережі водовідведення становить 0,02.

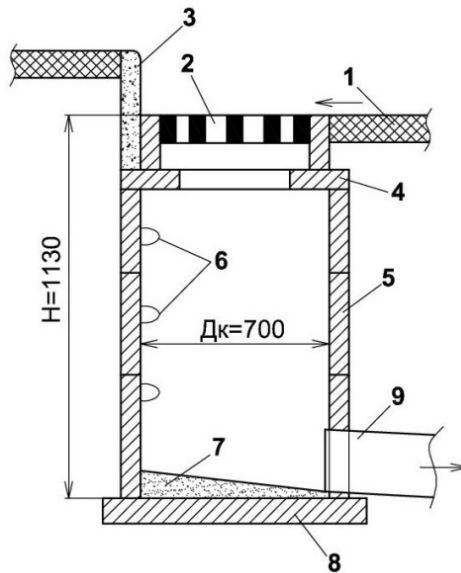


Рис. 3.11. Схема колодязя для приймання дощових вод:

1 – дорожнє покриття; 2 – ґрати; 3 – бордюрний камінь; 4 – плита перекриття;
5 – камера; 6 – ходові скоби; 7 – лоток; 8 – з/б плита основи; 9 – відвідна труба

Запитання для самоперевірки

1. Наведіть основні форми поперечних перерізів водовідвідних каналів.
2. Які типи колодязів улаштовують на водовідвідних мережах?
3. Які мінімальні діаметри труб застосовують для прокладання мереж?
4. Що таке наповнення труби й у яких межах воно змінюється?
5. Якою є швидкість руху стічних вод у водовідвідних трубах?
6. Як визначають мінімальну глибину прокладання водовідвідних труб?
7. Наведіть принципову схему каналізаційної насосної станції.
8. Наведіть схему дощоприймального колодязя.
9. Що таке біохімічне споживання кисню (БСК)?
10. Назвіть основні методи очищення стічних вод.
11. Наведіть схему фільтрувального колодязя.
12. Наведіть схему фільтрувальних траншей.
13. Назвіть споруди для механічного очищення стічних вод.
14. Назвіть споруди для біохімічного очищення стічних вод.
15. Як і навіщо здійснюють знезараження очищених стічних вод?

РОЗДІЛ 4. ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ БУДІВЕЛЬ

4.1. Загальні відомості

Системою теплопостачання називають комплекс заходів і пристроїв, призначених для виробництва, транспортування і використання теплоти.

Виробництво тепла відбувається в котельних установках, транспортування здійснюється теплопроводами. Для використання тепла застосовуються опалювальні прилади різноманітних конструкцій.

Короткі відомості про паливо

Як відомо, одним із основних способів одержання тепла – за рахунок спалення палива. За своїм фізичним станом паливо ділиться на тверде (деревина, торф, вугілля, сланці), рідке (нафта) і газоподібне (природний та супутній газ). Електроенергія, як правило, застосовується для додаткового нагріву в місці використання тепла.

Основною теплотехнічною характеристикою палива є теплота згорання, яка вказує, яка кількість тепла виділяється при спалюванні 1 кг твердого чи рідкого палива або 1 м^3 (нормальний кубічний метр) газоподібного палива.

Для порівняння різних видів палива за величиною їх теплоти згорання введено поняття «умовного палива». При цьому умовним прийнято вважати паливо, теплота згорання якого дорівнює 29300 кДж/кг для твердого і рідкого палива і 29300 кДж/ м^3 – для газоподібного.

Так для деяких видів палива дерева теплота згорання становить:

- дерево – 8400–12000 кДж/кг;
- торф – 8500–15000 кДж/кг;
- кам'яне вугілля – 25000–28000 кДж/кг;
- сланці – 6300–9800 кДж/кг;
- рідке паливо (мазут) – 38000–39000 кДж/кг;
- газоподібне паливо: природний газ – 34000–36000 кДж/ м^3 ;
- супутній газ – 53000–63000 кДж/ м^3 .

4.2. Системи теплопостачання

Для забезпечення належних і комфортних умов проживання, роботи і довготермінового перебування населення сучасні будівлі обладнуються системами теплопостачання. Системи теплопостачання класифікують:

– **в залежності від розміщення** – централізовані і місцеві (децентралізовані). **Централізованими** називають системи, у яких теплопостачання здійснюється від великих опалювальних установок. Ці системи обслуговують велику кількість споживачів на значних територіях. **Місцевими** (децентралізованими) називають системи у яких теплопостачання відбувається від місцевих джерел теплоти (невеликих котелень, місцевих водонагрівачів, в тому числі газових і електричних тощо);

– **за потужністю джерела теплової енергії** – автономні – теплогенератори з потужністю менше ніж 1 МВт; місцеві або групові котельні з потужністю від 1 до 3 МВт; помірно-централізовані – переважно квартальні котельні потужністю від 3 до 20 МВт; централізовані – ТЕЦ та районні котельні з потужністю більше ніж 20 МВт.

– **за способом використання теплоносія**. Системи теплопостачання можуть бути відкритими і закритими. У **відкритих** системах циркулююча в тепловій мережі вода частково чи повністю розбирається для гарячого водопостачання. У **закритих** системах вода чи пара, що циркулюють у тепловій мережі, з системи не відбираються. Вони слугують теплоносієм для підігріву води в теплообміннику.

– **за типом використовуваного теплоносія**: водяні, парові, повітряні, комбіновані.

В системах **водяного опалення** підготовка теплоносія здійснюється у водогрійному котлі. З котла теплоносій (гаряча вода) надходить в опалювальні прилади. Після віддачі тепла вода по зворотному (циркуляційному) трубопроводу повертається в котел для наступного нагрівання.

В системах **парового опалення** теплоносій – пара. Вона надходить в опалювальні прилади, конденсується, віддаючи теплоту пароутворення для опалення приміщень. Конденсат з нагрівальних приладів повертається назад в котел.

Для систем **повітряного опалення** повітря нагрівається безпосередньо в обслуговуваних цими системами будівлях. Опалення приміщень здійснюється централізовано спеціальними каналами (повітропроводами) або зосередженою подачею повітря і його децентралізованим розподілом.

До **комбінованих систем** відносять пароводяні, водоводяні, пароповітряні, повітряні, електроповітряні і газоповітряні, тобто такі, в яких основний теплоносій (гаряча вода або повітря) отримуються за допомогою другого теплоносія (пару, перегрітої води, газу).

– за способом переміщення теплоносія (способом циркуляції): з природним і механічним спонуканням. Системи з природним (гравітаційним) спонуканням діють за рахунок різниці тисків стовпів охолодженої і гарячої води або охолодженого і нагрітого повітря. В системах з механічним (насосним) приводом рух води досягається за допомогою насосу, а рух повітря в системах повітряного опалення – за допомогою вентилятора.

– за кількістю паралельно прокладених від джерела теплоти до споживача теплопроводів – однотрубні, двотрубні, тритрубні, чотиритрубні і багатотрубні.

На практиці найбільше розповсюдження отримали двотрубні системи. Однотрубні системи можуть застосовуватись для промислових підприємств, у яких теплоносій (вода або водяна пара) повністю використовується споживачем, задовольняючи послідовно всі теплові потреби. Для однотрубних систем потрібні менші капітальні затрати на будівництво теплових мереж, але багатотрубні більш надійні в експлуатації.

– за способом передачі тепла: конвекційні, променисті і конвекційно-променисті. До конвекційно-променистого відносяться системи пічного опалення з радіаторами або приладами панельного типу. До променистих систем відносять системи, при роботі яких середньозважена температура поверхні огорожувальних конструкцій вище температури повітря приміщення. Прикладом конвекційної системи може слугувати система опалення з конвекторами або ребристими трубами.

Системи централізованого теплопостачання

Централізоване теплопостачання поділяється на **районне** (теплопостачання від промислово-опалювальних котелень) та **теплофікацію** – комбіноване виробництво теплової та електричної енергії на теплоелектроцентралях (ТЕЦ). Доцільність спорудження ТЕЦ виправдана лише при дуже високих теплових навантаженнях (наприклад, більше 460 МВт).

Принципова схема централізованого теплопостачання від районної водогрійної котельні наведена на рис. 4.1. У водогрійних котлах 1 за рахунок згорання палива нагрівається вода до необхідної для теплопостачання температури (наприклад, 150^оС). Нагріта вода по подавальному теплопроводу 4 подається до споживачів теплоти (А – опалення, Б – гаряче водопостачання), а потім за допомогою мережних насосів 6 по зворотному теплопроводу 5 знову повертається в котлоагрегати. Частина нагрітої води рециркуляційними

насосами 2 подається в зворотний трубопровід перед котлами для попередження корозії трубчастої поверхні нагрівання котлів при знижених температурах води. Для регулювання температури води в подавальному теплопроводі по перемичці 7 із зворотного теплопроводу підмішується охолоджена вода, кількість якої регулюється клапаном 3 відповідно до температури зовнішнього повітря. Поповнення втрат мережної води, що циркулює в теплових мережах, здійснюється із системи хімоводоочищення 9 за допомогою живильного насоса 8.

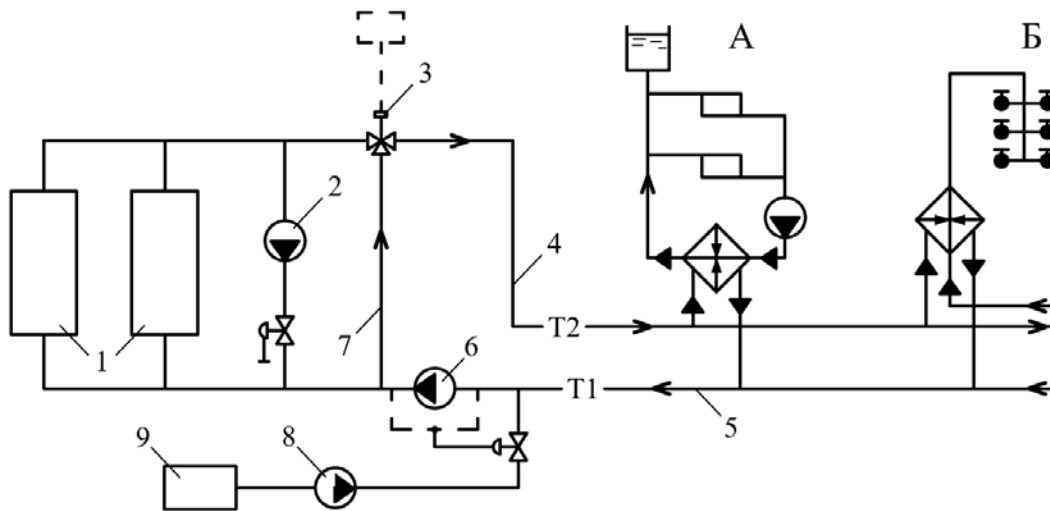


Рис. 4.1. Принципова схема тепlopостачання від районної котельні з водогрійними котлами

Теплоносії систем тепlopостачання

В якості теплоносія в централізованих системах тепlopостачання використовують воду і водяну пару.

Гаряча вода як теплоносій використовується при температурі не більше 200 °С.

В житлово-комунальному господарстві міст і селищ найбільш поширеними є водяні системи. В промисловості, де близько 70 % всієї потреби в теплі задовольняють паром, водяні системи менш розповсюджені.

При порівнянні децентралізованого виробництва теплоти з централізованим на базі комбінованого виробництва теплової та електричної енергії слід брати до уваги економічні та екологічні переваги останнього, особливо з використанням ефективних технологій очищення димових газів, а також можливість використання низькопотенційних джерел теплоти.

До недоліків централізованих систем теплопостачання слід віднести необхідність спорудження та експлуатації теплових мереж, що веде до збільшення вартості систем теплопостачання, а також значні втрати при транспортуванні теплоти.

4.3. Джерела централізованого теплопостачання

Джерелом теплопостачання в містах є теплоелектроцентралі (ТЕЦ) і котельні, а в сільській місцевості – невеликі котельні і опалювальні печі. На відміну від ТЕЦ і великих котелень централізованого теплопостачання, вироблення тепла в невеликих котельних і опалювальних печах потребує значних витрат некваліфікованої праці й сприяє суттєвому забрудненню навколишнього середовища.

Теплоелектроцентралі належать до теплових електростанцій. В їх робочому циклі відбувається як вироблення електричної енергії, так і теплової енергії. Завдяки комбінованому виробництву на ТЕЦ теплоти і електроенергії (теплофікації) зникає потреба в спорудженні окремої котельні у споживачів теплоти і заощаджується відповідна кількість палива.

Теплоелектроцентралям віддають перевагу при теплопостачанні великих міст (кількість населення більше 250 тис. чол.).

Котельні є основним джерелом теплопостачання для середніх і малих міст.

Котельною установкою називають комплекс пристроїв призначених для вироблення теплової енергії у вигляді гарячої вод або пари.

Котельні класифікують за видом теплоносія (парові, водогрійні), **видом палива** (газові, мазутні, вугільні тощо). Залежно від величини теплового навантаження комунальні котельні, призначені в основному для відпускання теплоти житловим і громадським будівлям, класифікують **за структурними одиницями територій**:

1) **домові котельні** потужністю до 2 МВт, які відпускають теплоту системам тепловикористання окремого будинку і розташовані, як правило, у габаритах цієї будівлі;

2) **групові котельні**, які забезпечують теплотою групу житлових, а іноді і громадських будівель із загальною чисельністю мешканців 1500–3000 осіб та сумарними витратами теплоти 2–9 МВт; такі споруди розміщують в окремих спорудах;

3) **мікрорайонні котельні**, які здійснюють відпускання теплоти всім житловим і громадським будівлям мікрорайону з населенням 6–20 тис. мешканців і сумарними витратами теплоти 10–70 МВт;

4) **районні котельні**, які забезпечують теплою всі будівлі житлового району (або малого міста) при чисельності мешканців приблизно 25–80 тис. мешканців; теплова продуктивність такої котельні становить 50–300 МВт.

На теплову схему й номенклатуру обладнання котельні суттєво впливає спосіб подачі води на гаряче водопостачання. За цією ознакою розрізняють **відкриті і закриті системи**. Внаслідок збільшення відбору води з мереж котельні, що обслуговує відкриті системи тепlopостачання, мають більшу потужність апаратів підготовки води для котлоустановок.

В залежності від того, з якою метою використовується теплова енергія, котельні розділяються на **енергетичні, опалювально-виробничі і опалювальні**.

Котельні обладнують котлами, що призначені для спалювання газу, мазуту і твердого палива.

При закритій схемі тепlopостачання найбільш широке застосування при приготуванні тепла отримали котельні з водогрійними котлами різної потужності.

Сумарна поверхня нагріву котлів $\sum F$, м², розраховується за залежністю:

$$\sum F_k = \frac{(1,1-1,2)\sum Q_p}{q}, \quad (4.1)$$

де 1,1–1,2 – коефіцієнт запасу, який враховує невикористані втрати тепла в котельні і в зовнішніх транспортуючих трубопроводах; $\sum Q_p$ – максимальна розрахункова витрата теплової енергії, Вт; $q = Q_k/F_k$ – допустиме теплове напруження поверхні нагріву котла, Вт/м².

Поряд з подальшим удосконаленням систем централізованого тепlopостачання, яка має низку переваг у порівнянні з виробленням теплоти котельними малої та середньої потужності, в останній час спостерігається тенденція розвитку децентралізованого тепlopостачання у вигляді **індивідуальних місцевих котельень**, які розміщують поблизу або безпосередньо в будинках. Такі котельні працюють переважно на газовому паливі. Вони характеризуються високим ступенем автоматизації, який забезпечує значення коефіцієнтів корисної дії на рівні 90 %, і розраховані на різну теплову продуктивність для опалення і гарячого водопостачання житлових та громадських будинків.

До споруд даного типу належать домові опалювальні котельні, так звані «дахові котельні». Вони працюють на природному газі. Такі котельні встановлюють на покрівлі будинку і вони здійснюють в автоматичному режимі вироблення і відпуск теплоти на опалення і гаряче водопостачання цього будинку. Використання місцевих джерел для тепlopостачання групи будинків, окремого будинку або його частини корисне у випадку значної віддаленості споживачів теплоти до теплових мереж.

Теплові пункти

Тепловим пунктом називають комплекс інженерного обладнання, що зв'язує теплові мережі із споживачами теплоти і призначений для приймання, приготування, розподілу, регулювання та обліку теплоносія.

Теплові пункти бувають **індивідуальні (ІТП)** і **центральні (ЦТП)**. ІТП влаштовують безпосередньо в будівлі, де розміщені споживачі теплоти (системи опалення, гарячого водопостачання, вентиляції та кондиціонування повітря). ЦТП розміщують в окремій будівлі для обслуговування групи будинків (мікрорайон, квартал). За характером роботи центральні теплові пункти можна поділити на такі групи:

1) для підготовки води з температурою не нижче 55 °С для систем гарячого водопостачання;

2) для підготовки теплоносія з температурою 95–105 °С для системи опалення;

3) для підготовки води та теплоносія для системи гарячого водопостачання і для системи опалення.

На центральному тепловому пункті мікрорайону встановлюють наступне обладнання: підвищувальний насос для створення тиску водопровідної води, необхідного для водопостачання будівель конкретного мікрорайону; теплообмінники гарячого водопостачання; циркуляційний насос гарячого водопостачання, обладнання для приєднання мікрорайонної системи опалення (насоси або теплообмінні апарати); регулятори тиску, температури і витрат води; контрольно-вимірювальні прилади; лічильники води і теплової енергії; гідравлічна арматура. Робота теплових пунктів максимально автоматизована

Насосні станції

Насосні станції у теплових мережах призначені для збільшення напору, підвищення витрат теплоносія та зміни тиску в трубопроводах теплової

мережі. Насосні станції підвищують тиск у подавальному трубопроводі й знижують у зворотному.

Сумарна подача робочих насосів Q_n визначається за формулою:

$$Q_n = Q_o + Q_v + \alpha Q_{z.v}^{cep}, \quad (4.2)$$

де Q_o – розрахункова витрата мережевої води на опалення; Q_v – розрахункова витрата мережевої води на вентиляцію; $Q_{z.v}^{cep}$ – середньогодинна витрата мережевої води на гаряче водопостачання; α – коефіцієнт, який приймається залежно від системи (закрита, відкрита) й виду трубопроводу (подавальний, зворотний), на якому встановлені підкачуючі насоси.

Значення коефіцієнта α приймаються:

- для закритих систем теплопостачання незалежно від виду трубопроводу, на якому розташовуються підкачуючі насоси, $\alpha = 1$;
- для відкритих систем теплопостачання при встановленні насосів на подавальному трубопроводі $\alpha = 1,2$;
- для відкритих систем теплопостачання при встановленні насосів на зворотному трубопроводі $\alpha = 0,6$.

Напір підкачуючої насосної станції H_{nc} визначається як різниця напорів у подавальній (або зворотній) лінії до і після насосної станції.

При відомому напорі насосної станції H_{nc} напір насосів визначається за формулою:

$$H_n = H_{nc} + \Delta H_k + \sum H_p, \quad (4.3)$$

де ΔH_k – втрати напору в комунікаціях насосної станції; $\sum H_p$ – сума втрат напору у повністю відкритих регуляторах (при їх послідовному встановленні).

Якщо точні дані відсутні, втрати напору в комунікаціях можуть бути прийняті рівними 10–15 м, втрати напору в повністю відкритому регуляторі – 3 м.

Мінімальне число робочих підкачуючих насосів у насосних станціях приймається рівним двом.

4.4. Визначення теплової потужності об'єктів теплопостачання

Теплова енергія витрачається для задоволення потреб населення, комунально-побутових і промислових споживачів. За призначенням і характером використання теплоти теплоспоживачів розрізняють наступним чином:

- 1) системи опалення;
- 2) системи вентиляції і кондиціонування повітря;

- 3) постачання гарячої води для санітарно-побутових потреб;
- 4) технологічні процеси виробництва.

Загальна теплова потреба об'єкта (будинку, кварталу, мікрорайону тощо), що визначає потужність системи тепlopостачання, визначається як сума максимальних теплових потоків з окремих видів теплоспоживання, Вт:

$$Q = K (Q_o + Q_{z.v.} + Q_v + Q_m), \quad (4.4)$$

де $K = 1,1 \dots 1,15$ – коефіцієнт, що враховує втрати теплоти трубопроводами при транспортуванні теплоносія, на власні потреби джерел тепlopостачання та ін.; $Q_o, Q_{z.v.}, Q_v, Q_m$ – максимальний тепловий потік відповідно на опалення, вентиляцію, постачання гарячої води й технологічні процеси.

Максимальні теплові потоки на опалення, вентиляцію і постачання гарячої води беруть за типовими або за індивідуальними проєктами відповідних будинків і споруд. Максимальні теплові потоки на технологічні процеси обчислюють за технологічними проєктами промислових підприємств.

У разі відсутності проєктів опалення, вентиляції й постачання гарячої води теплові потоки визначають:

– **для підприємств** – за укрупненими відомчими нормами, затвердженими в установленому порядку, або за проєктами аналогічних підприємств, прив'язаних до району будівництва;

– **для житлових районів міст** та інших населених пунктів – за формулою (4.4), де Q_o – максимальний тепловий потік на опалення житлових і громадських будинків, Вт:

$$Q_o = q_o A_{z.n.} (1 + K_1); \quad (4.5)$$

Q_v – максимальний тепловий потік на вентиляцію громадських будинків, Вт:

$$Q_v = K_1 K_2 q_o A_{z.n.}; \quad (4.6)$$

Середній тепловий потік на гаряче водопостачання, Вт:

$$q_{z.v.} = [1,2 \cdot m \cdot (\alpha + b)(t_z - t_x) \cdot C] / (24 \cdot 3600), \quad (4.7)$$

де α – норма витрат гарячої води одним мешканцем за добу; b – норма витрат гарячої води для громадських споруд (приймають 25 л води за добу на 1 людину); $t_z = 55$ °С – температура гарячої води; $t_x = 5$ °С – температура холодної води; $C = 4187$ Дж/(кг °С) – питома теплоємність води; m – кількість мешканців у мікрорайоні, чол:

$$m = A / f_n, \quad (4.8)$$

де A – загальна площа житлових будинків, м²; f_n – норма житлової площі на 1 людину, м²/чол.

Максимальна витрата теплової енергії на гаряче водопостачання, Вт:

$$Q_{z.v.} = 2,4 \cdot q_{z.v.} \quad (4.9)$$

Теплове навантаження на один ЦТП не повинно перевищувати 26 МВт. Якщо має місце таке перевищення, у мікрорайоні необхідно розміщувати декілька ЦТП.

Теплове навантаження ТЕЦ дорівнює сумі теплових навантажень ЦТП мікрорайонів, які приєднані до джерела теплопостачання за допомогою теплових мереж:

$$Q_{тец} = \sum_{i=1}^n Q_{цтп} \cdot \quad (4.10)$$

В наведених залежностях: K_1 – коефіцієнт, що враховує тепловий потік на опалення громадських будинків, при відсутності даних слід брати 0,25; K_2 – коефіцієнт, що враховує тепловий потік на вентиляцію громадських будинків, при відсутності даних слід брати: для громадських будинків, побудованих до 1985 р., – 0,4, після 1985 р. – 0,6; q_o – укрупнений показник максимального теплового потоку на опалення житлових будинків на 1 м² загальної площі; $q_{з.в.}$ – укрупнений показник середнього теплового потоку на постачання гарячої води на одну людину.

Для визначення теплової потужності котлів районної котельні, діаметрів трубопроводів теплової мережі, річної витрати палива і т. ін. необхідно визначити орієнтовні максимальні витрати теплової енергії на системи опалення Q_o та вентиляції Q_v окремих будинків. Такий попередній розрахунок для окремих громадських та житлових будинків можна виконати за питомими опалювальними q_o і вентиляційними q_v характеристиками та за загальним зовнішнім об'ємом будинку $V_{б\text{уд}}$ (без підвалу):

$$\text{– на опалення} \quad Q_o = q_o (t_v - t_{з.о}) V_{б\text{уд}} a_o; \quad (4.11)$$

$$\text{– на вентиляцію} \quad Q_v = q_v (t_v - t_{з.в}) V_{б\text{уд}}, \quad (4.12)$$

де $t_{з.о}$, $t_{з.в}$ – розрахункова температура зовнішнього повітря для проектування відповідно опалення та вентиляції, °С; a_o – коефіцієнт, який враховує місцеві кліматичні умови; з деяким наближенням цей коефіцієнт можна визначити за формулою $a_o = 1,3 + 0,01 \cdot t_{з.о}$.

Значення q_o , q_v для житлових та громадських будинків наведені в [5].

Регулювання теплопостачання

Режими теплоспоживання багатьох абонентів, як правило не однакові. Теплові навантаження систем опалення та вентиляції залежать від температури зовнішнього повітря та практично не змінюються протягом доби. Витрати теплоти на гаряче водопостачання та на технологічні процеси не

залежать від температури зовнішнього повітря, але змінюються протягом доби та тижня. У таких умовах потрібно штучно змінювати витрати та параметри теплоносія відповідно до потреб споживачів. Регулювання підвищує якість теплопостачання, скорочує можливу перевитрату теплової енергії. Залежно від місця, де здійснюється регулювання, його поділяють на центральне, групове, місцеве та індивідуальне.

Центральне регулювання виконують на ТЕЦ або в котельні за переважним тепловим навантаженням, яке характерне для більшості споживачів.

Групове регулювання здійснюється в центральних теплових пунктах (ЦТП) для групи однорідних споживачів. В ЦТП підтримується потрібна температура та витрата теплоносія, який подається в розподільні або внутрішньоквартальні теплові мережі.

Місьцеве регулювання передбачається в індивідуальних теплових пунктах для додаткового коригування параметрів теплоносія.

Індивідуальне регулювання здійснюється безпосередньо біля пристроїв, які споживають теплоту, наприклад, біля опалювального приладу.

4.5. Теплові мережі

Конструювання теплових мереж

Теплова мережа – це в першу чергу система теплопроводів, якими рухається високотемпературний теплоносій від ТЕЦ або котелен до споживача. Під час її конструювання необхідно забезпечити міцність і надійність роботи системи, врахувати лінійні розширення і пов'язані з ними переміщення труб, теплові втрати і чинники, які сприяють корозійним процесам.

Теплові мережі поділяють за призначенням на:

- **магістральні** – від джерела теплоти до кожного мікрорайону або підприємства;
- **розподільні** або **міжквартальні** – від магістральних мереж до кварталів міста;
- **внутрішньоквартальні** мережі – до окремих будівель;
- **відгалуження** від розподільних (або магістральних) мереж до теплових пунктів споживачів теплоти.

Теплопровід складається з таких основних елементів:

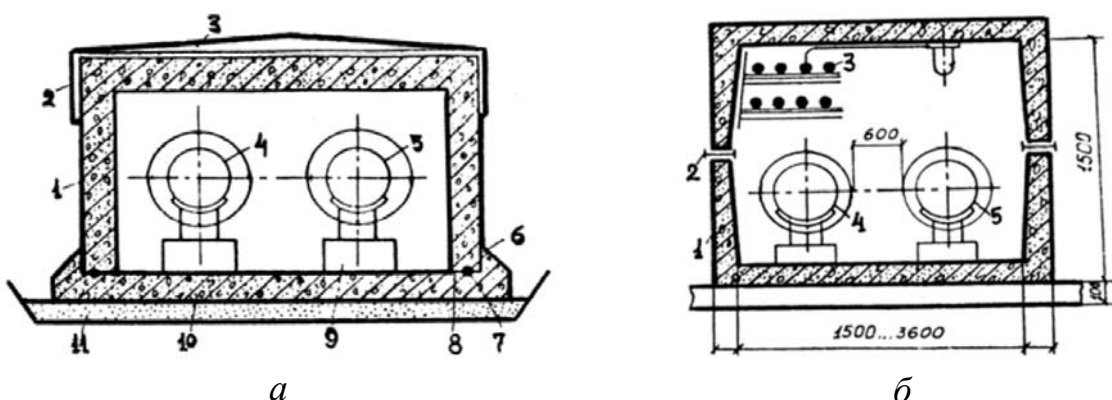
- робочого трубопроводу, яким транспортується теплоносій;

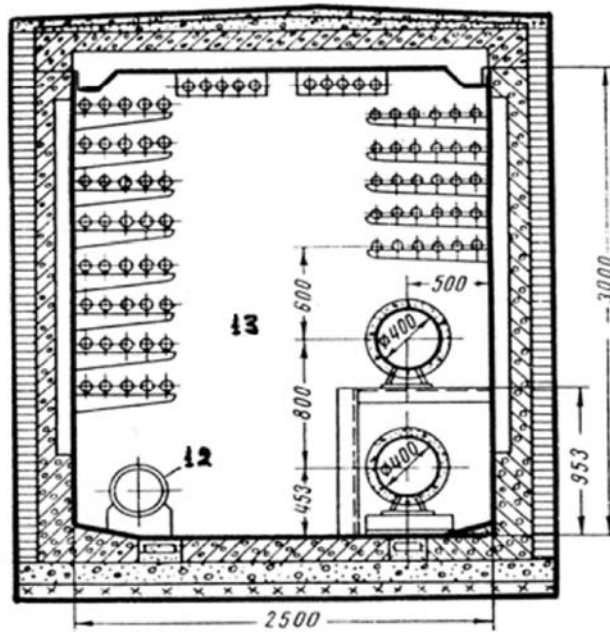
- компенсаційних пристроїв, призначених для сприймання теплових подовжень труб;
- ізоляційних конструкцій, необхідних для захисту сталевих труб від корозії і всіх теплопроводів від марних втрат тепла;
- утримувальної конструкції, яка сприймає зусилля, що виникає під час роботи мережі.

За ступенем необхідної надійності тепlopостачання всі споживачі поділяються на 2 категорії. До **першої категорії** відносять будівлі, в яких не допускається перерви в подачі теплоти, наприклад лікарні, що мають стаціонар, промислові підприємства, що постійно споживають теплоту на технологічні потреби, житлові мікрорайони з тепловою потужністю 30 МВт і більше. Живлення споживачів першої категорії мусить здійснюватися від закільцьованої теплової мережі або від двох магістралей, або від двох джерел теплоти. До **другої категорії** відносять всіх інших споживачів.

Трубопроводи теплових мереж можуть прокладатись в землі (підземне прокладання) і над землею (надземне прокладання). В усіх випадках прокладання трубопроводів має забезпечувати найбільшу надійність роботи системи тепlopостачання при найменших капітальних та експлуатаційних витратах. Спосіб прокладання теплової мережі залежить від призначення трубопроводів, вулично-дорожньої мережі, рельєфу місцевості, категорії ґрунту; естетичних вимог, техніко-економічних розрахунків.

У містах та інших населених пунктах теплові мережі найчастіше прокладаються в теплофікаційних залізобетонних каналах. На практиці для цього застосовують непрохідні, напівпрохідні і прохідні канали (рис. 4.2).





в

Рис. 4.2. Підземне прокладання теплопроводів в залізобетонних каналах:

а – непрохідні; *б* – напівпрохідні; *в* – прохідні;

- 1 – залізобетонна секція; 2 – гідроізоляція; 3 – низьковольтні кабелі;
 4 – подавальний трубопровід; 5 – зворотний трубопровід; 6 – бетон; 7 – пароніт;
 8 – ізольна мастика; 9 – опорна подушка; 10 – з/б плита; 11 – піщана підготовка;
 12 – трубопроводи інших мереж; 13 – прохід

Залежно від гідрогеологічних умов зовнішні поверхні каналів захищають гідроізоляцією. При наявності ґрунтових вод або при прокладанні теплотрас у глинистих ґрунтах влаштовують супутні дренажі.

Перевагою прокладання теплової мережі в непрохідних каналах є економічність (невеликі капітальні витрати). Однак заміна труб, які вийшли з ладу і ремонт теплової ізоляції в непрохідних каналах можливі тільки при розритті ґрунту й розбиранні вуличних покриттів, що є їхнім експлуатаційним недоліком.

В останній час застосовується безканальна прокладка трубопроводів (рис. 4.3). Вважається, що вона на 30–40% дешевше прокладки в каналах.

Конструкція безканального трубопроводу складається з чотирьох шарів: антикорозійного, теплоізоляційного, гідроізоляційного та захисно-механічного. Деякі шари можуть бути відсутні.

Безканальне прокладання труб розділяють на засипне, збірне, лите і монолітне.

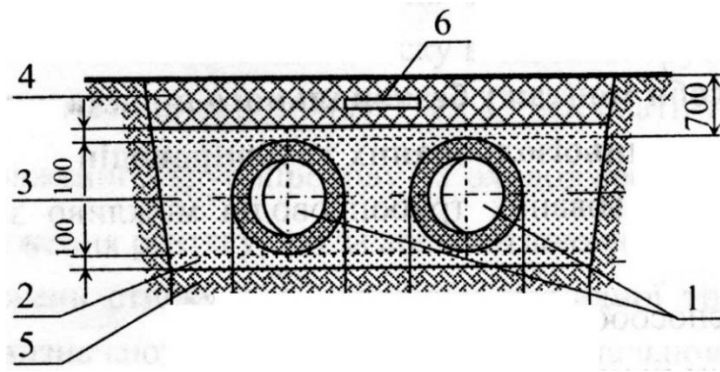


Рис.4.3. Схема безканалъної теплової мережі:

1 – попередньоізолюваний трубопровід; 2 – піщана подушка; 3 – пісок;
4 – ґрунт; 5 – дно траншеї; 6 – сигнальна стрічка

Засипне прокладання. Трубопроводи прокладають на опорах або бетонній основі та засипають теплоізоляційним матеріалом (торф, термоторф, гідрофобна крейда, асфальтоізол та ін.).

Збірне прокладання. Теплова ізоляція трубопроводів виконується у вигляді штучних елементів (шкаралуп, сегментів).

Лите прокладання. Лита тепла ізоляція виконується на трасі шляхом заливання розчину з пінобетону, піносілікату або розчинного матеріалу на основі бітуму у форми або опалубки.

Монолітне прокладання. Монолітна ізоляція – це лита ізоляція, що виконується в заводських умовах. В деяких з них теплоізоляційний шар міцно зчеплюється з поверхнею трубопроводу (пінобетон автоклавний, поропласт, пінополіуретан). В інших конструкціях труба переміщується в тепловій ізоляції.

Монолітні конструкції для безканалъного прокладання теплових мереж із тепловою ізоляцією з пінополіуретану виконуються в заводських умовах і називаються попередньоізолюваними трубопроводами (ПІТ).

Для забезпечення мінімальних втрат тепла транспортуючими трубопроводами застосовують спеціальні конструкції теплоізоляційних матеріалів.

Теплоізоляційна конструкція повинна мати малу теплопровідність, незначне водопоглинання і корозійну активність, але високий електричний опір і механічну міцність.

В якості основного теплоізоляційного шару використовують:

– для безканалъного підземного прокладання – армопінобетон, полімербетон, пінополіуретан;

– для підземного прокладання в непрохідних каналах – застосовують мати зі скляного волокна в рулонах, мати мінераловатні прошивні з покривним матеріалом із склотканини або з металевої сітки, плитки з мінеральної вати на синтетичному в'язучому тощо;

– для надземного і підземного прокладання в тунелях – напівциліндри та сегменти з пінопласту, перлітоцементу, вулканітових плит.

У якості покривного шару, який захищає теплову ізоляцію, застосовують липку стрічку з полівінілхлориду ПВХ, склопластик рулонний, склоруберойд, армопластові матеріали, азбестоцементну штукатурку по металевій сітці, сталь тонколистову оцинковану тощо. Армопінобетон. Мінімальна товщина ізоляції приймається 30 – 40 мм.

Глибину прокладання теплової мережі призначають з урахуванням гідрогеологічних умов, промерзання ґрунту, рельєфу місцевості, способу проведення робіт і запобігання руйнуванню каналів або конструкції безканального прокладання статичними й динамічними навантаженнями з поверхні землі.

Як виняток, в особливо важких ґрунтових умовах, в житлових районах, по території промислових підприємств або по території, що не підлягає забудові, а також при перетині природних та штучних перешкод (залізниць загальної мережі, річок, ярів, відкритих водостоків) застосовують надземну прокладку трубопроводів. Зазвичай вона здійснюється на естакадах, низьких і висотних опорах і по стінах будівель.

Несучими конструкціями при надземному прокладанні є опори, щогли, естакади, які виконують із сталі або залізобетонних блоків, а також зовнішні стіни виробничих будинків і споруд. Відстані між опорами і щоглами при надземному прокладанні приймають залежно від діаметра труб і параметрів теплоносія від 3 до 14 м. З метою скорочення кількості опор за допомогою розпірок може влаштовуватись проміжне підвішування трубопроводів.

При великій кількості інженерних мереж і обмеженій ширині смуги між будинками промислових підприємств теплопроводи можуть прокладатись разом з іншими інженерними мережами по надземних естакадах. Прокладання теплових мереж по території, що не підлягає забудові, і поза населеними пунктами, як правило, має передбачатися надземним на низьких опорах.

Надземне прокладання теплопроводів полегшує їх експлуатацію, а також виявлення й ліквідацію аварій; відсутня електрокорозія й корозія від ґрунтових вод, забезпечуються спільне прокладання теплових мереж з іншими технологічними трубопроводами, економія капітальних вкладень. Проте з

архітектурного й естетичного погляду такий спосіб прокладання не може бути рекомендований у житлових районах. При прокладанні на низьких опорах мінімальна відстань від землі до поверхні ізоляційної конструкції теплопроводів 0,35 м при ширині групи труб до 1,5 м і 0,5 м при ширині групи труб понад 1,5 м.

Для трубопроводів магістральних теплових мереж застосовують труби сталеві безшовні або електрозварні: безшовні гарячекатані діаметром 50–400 мм, прямошовні або спіральшовні електрозварні труби діаметром понад 400 мм. Для теплових мереж гарячого водопостачання після ЦТП в закритих системах теплопостачання застосовують оцинковані водогазопровідні труби діаметром 25–150 мм. Безшовні гарячекатані і електрозварні прямошовні труби з каліброваними торцями і із спіральним швом – для надземного і каналного прокладання.

Труби з'єднують зварюванням. Для сталевих труб застосовують електродугове зварювання, для полімерних – зварювання нагрітим інструментом.

Фланцеві з'єднання застосовують тільки для встановлення фланцевої арматури. Для ущільнення фланцевих з'єднань використовують паронітові прокладки товщиною 1,5–2 мм.

При прокладанні труб використовують фасонні частини (трійники, відводи, переходи та ін.) з того ж матеріалу, що і труби.

Для теплових мереж застосовують сталеву або чавунну арматуру (засувки, вентилі, крани та ін.). Ущільнення створюють кільця з бронзи або нержавіючої сталі. Арматуру діаметром більшим ніж 400 мм встановлюють з електроприводом.

Для компенсації теплового подовження труб (при температурі теплоносія вище 50 °С) на мережі встановлюють компенсатори. За принципом роботи розрізняють лінійні, осьові і радіальні компенсатори. Осьові компенсатори використовують для прямолінійних ділянок трубопроводів, радіальні – для ділянок будь-якої конфігурації. Найбільше розповсюдження на практиці набули гнучкі компенсатори виготовлені із самого трубопроводу (П – подібні, Z – подібні тощо).

Для обслуговування устаткування (сальникових компенсаторів, запірно-регулюючої арматури) при підземному прокладанні теплової мережі власттовують теплофікаційні камери, зроблені з цегли, монолітного або збірного залізобетону (рис. 4.4). Розміри камер залежать від діаметрів

теплопроводів і обладнання, встановленого в них. Висота камер не менше 2,2 м.

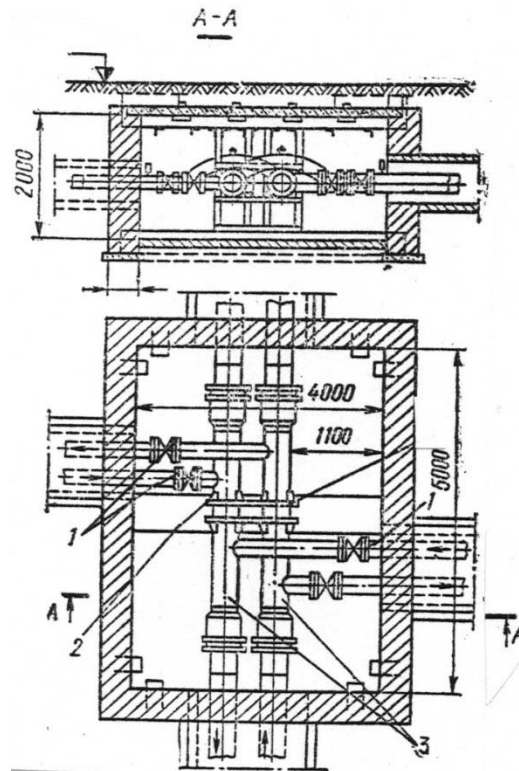


Рис. 4.4. Теплова камера:

1 – засувки; 2 – нерухома опора; 3 – сальникові компенсатори

Для сприймання і передавання навантажень на труби встановлюють опори. Залежно від призначення опори розрізняють на рухомі (вільні) і нерухомі (мертві).

Нерухомі опори утримують трубопровід і не дозволяють йому пересуватись у будь-якому напрямку. Нерухомі опори поділяють на упорні, щитові і хомутові. Упорні опори застосовують для трубопроводів усіх способів прокладання мережі, щитові – для безканалного прокладання, хомутові – для надземного і прокладання у тунелях.

Виготовляють нерухомі опори із сталі або залізобетону. Максимальні відстані між нерухомими опорами становлять: для сталевих трубопроводів діаметром 50–400 мм з гнучкими компенсаторами – від 60 до 160 м, з сальниковими – від 70 до 140 м.

Нерухомі опори сприймають вертикальні і горизонтальні навантаження.

Рухомі опори підтримують трубопровід і сприяють розподілу температурних деформацій та вільному пересуванню труб. За принципом роботи розрізняють ковзні, коткові, кульові підвісні опори.

Відстань між рухомими опорами залежить від маси конструкції трубопроводу. Для сталевих труб діаметром 50 мм відстань між нерухомими опорами становить 3 м, а для труб діаметром 400 мм – 8,5 м для підземного прокладання і 14 м – для надземного.

Для кращого випорожнення води з трубопроводів їх прокладають з незалежним від напрямку руху теплоносія похилом не менше ніж 0,002. Ділянки вводів підземної мережі в окремі будинки влаштовують з похилом від будівлі до найближчої теплової камери.

Воду спускають з кожної труби окремо з розривом струмини у скидні колодязі, з яких її відводять у систему водовідведення. Температура скидної води не повинна бути більше ніж 40 °С. Спускати воду в теплову камеру або на поверхню землі не можна.

На паропроводах влаштовують дренаж для відведення конденсату, який утворюється під час розігрівання холодних труб та за рахунок охолодження пари під час експлуатації.

Гідравлічний розрахунок теплових мереж

Завданням гідравлічного розрахунку теплових мереж є визначення діаметрів теплопроводів і втрат тиску в них.

Для гідравлічного розрахунку теплових мереж необхідно мати схему з визначеними всіма елементами арматури, компенсаторами, фасонними частинами, значеннями довжини всіх ділянок мережі і розрахунковими витратами теплоти споживачами.

Сумарні втрати тиску в теплопроводах визначають за виразом, Па:

$$\Delta P = \Delta P_l + \Delta P_m, \quad (4.13)$$

де ΔP_l – сумарні втрати тиску на подолання сил тертя або лінійні втрати тиску, Па:

$$\Delta P_l = R \cdot l_\phi. \quad (4.14)$$

Лінійні втрати тиску прямо пропорційні питомим втратам тиску на тертя R , Па/м і фактичній довжині ділянки l_ϕ , м, на якій втрачається тиск.

Втрати тиску в місцевих опорах ΔP_m знаходять за формулою, Па:

$$\Delta P_m = 0,35 \cdot \Delta P_l = 0,35 \cdot (R \cdot l_\phi). \quad (4.15)$$

Для водяних систем теплопостачання, якщо невідомий наявний напір, середніми питомими втратами тиску задаються на підставі дослідних даних у межах $R_{сер} = 50\text{--}80$ Па на 1 м трубопроводу, причому менше значення приймають для труб діаметром 400–500 мм, а більше – для 50–100 мм.

Розрахункова витрата теплоносія на ділянці визначається як сума витрат споживачів, кг/год:

$$G_{\partial} = G_{0\max} + G_{v\max} + K_3 \cdot G_{h\max}, \quad (4.16)$$

де $G_{0\max}$ – витрата теплоносія на опалення житлових і громадських будівель; $G_{v\max}$ – витрата теплоносія на вентиляцію громадських будівель; $G_{h\max}$ – витрата теплоносія на гаряче водопостачання.

$$G_{0\max} = \frac{3,6 \cdot Q_{0\max}}{c \cdot (\tau_1 - \tau_2)}; \quad (4.17)$$

$$G_{v\max} = \frac{3,6 \cdot Q_{v\max}}{c \cdot (\tau_1 - \tau_2)}; \quad (4.18)$$

$$G_{h\max} = \frac{3,6 \cdot Q_{h\max}}{c \cdot (t_h - t_c)}, \quad (4.19)$$

де $Q_{0\max}$ – максимальний тепловий потік на опалення житлових і громадських будівель, Вт; $Q_{v\max}$ – максимальний тепловий потік на вентиляцію будівель, Вт; $Q_{h\max}$ – максимальний тепловий потік на гаряче водопостачання житлових і громадських будівель, Вт; c – питома теплоємність води $c = 4,187$ кДж/(кг·°С); τ_1 – температура води в подавальному трубопроводі, $\tau_1 = 150$ °С; τ_2 – те саме у зворотному трубопроводі, $\tau_2 = 70$ °С; t_h – температура гарячої води, $t_h = 55$ °С; t_c – температура холодної води 5 °С; K_3 – коефіцієнт, що враховує долю середньої витрати води на гаряче водопостачання при регулюванні за завантаженням опалення; $3,6$ – коефіцієнт переводу одиниць Вт в кДж/год.

При відомій витраті теплоносія на ділянках G , задаючись питомими втратами тиску $R_{сер}$, за номограмами визначають діаметри трубопроводів і уточнюють фактичні втрати тиску на тертя $R_{сер}$ при даних витратах теплоти і діаметрах труб. Визначивши питомі втрати тиску підраховують сумарні втрати на відповідних ділянках.

В Україні загальна протяжність теплопроводів становить близько 47 тисяч кілометрів у двотрубному обчисленні. Близько 80 % сучасних теплових мереж прокладені в непрохідних залізобетонних каналах з ізоляцією у вигляді мінеральної вати. Канали в більшості не захищені від проникнення ґрунтової води, що призводить до значних втрат теплової енергії. Загальні втрати теплової енергії в діючих мережах систем централізованого теплопостачання становлять в середньому 30 %, а в деяких регіонах досягають 40 %. Термін безаварійної експлуатації таких теплових мереж не перевищує 10–15 років.

Зазначені обставини значною мірою є причиною того, що в Україні витрати теплоти на опалення об'єктів рівної площі в 2–3 рази більше ніж у країнах Західної Європи.

4.6. Опалення будівель

Загальні відомості

Однією з важливих характеристик мікроклімату житлової і громадської будівлі є забезпечення і підтримання оптимального теплового режиму, тобто комфортних умов для людей, які заходять в нього. Під комфортними умовами розуміють умови при яких зберігається теплова рівновага в організмі людини при відсутності напруги в системі його терморегулювання. Комфортною для людини вважається температура: для спокійного стану людини це 21–23 °С; при легкій роботі – 19–21 °С; при тяжкій – 14–16 °С.

Забезпечення необхідної теплової рівноваги здійснюється за допомогою, в тому числі, інженерної системи опалення.

Таким чином, **система опалення** представляє собою сукупність конструктивних елементів і зв'язку між ними, призначених для отримання, перенесення і передачі в усі приміщення кількості теплоти, необхідної для підтримки температури на заданому рівні.

До систем опалення висуваються вимоги, які можна розділити на п'ять груп:

- **санітарно-гігієнічні**: підтримка заданої температури повітря і внутрішніх поверхонь огороджувальних конструкцій;
- **техніко-економічні**: оптимальні капітальні вкладення, економна витрата теплової енергії при експлуатації;
- **архітектурно-будівельні**: відповідність інтер'єру приміщення, компактність, ув'язка з будівельними конструкціями, узгодження з терміном будівництва будівлі;
- **виробничо-монтажні**: мінімальне число уніфікованих вузлів і деталей, механізація їх виготовлення, скорочення трудових витрат і ручної праці при монтажі;
- **експлуатаційні**: ефективність дії протягом усього періоду роботи, надійність і технічна досконалість, безпека і безшумність дії.

Системи водяного опалення

В практиці будівництва житлових, громадських і виробничих будівель в нашій країні найбільш широке застосування, завдяки своїм високим санітарно-гігієнічним якостям, надійності і довговічності знайшли системи водяного опалення.

Системи водяного опалення можна класифікувати за такими основними характеристиками:

– величиною температури в подавальній магістралі:

низькотемпературні системи (температура менше 70 °С);

середньотемпературні системи (температура від 70 до 100 °С);

високотемпературні системи (температура більше як 100 °С);

– за способом подачі і відведення води від опалювальних приладів: системи водяного опалення підрозділяють на однотрубні і двотрубні.

Однотрубні системи характеризуються наявністю тільки одного стояка, внаслідок цього гаряча вода послідовно проходить через декілька опалювальних приладів по вертикалі, а потім надходить в котел. Тобто по цьому стояку одночасно проходить і гаряча вода, що надходить в нагрівальні прилади і охолоджена вода після приладів.

Однотрубні системи водяного опалення, в залежності від конфігурації будівель і приміщень в плані, можуть проектуватись вертикальні і горизонтальні.

Однотрубні проточні системи опалення відрізняються простотою конструкції і зручністю монтажу. Але неможливість виключення і регулювання нагрівальних приладів при односторонньому розташуванні їх по відношенню до стояка обмежує застосування цієї схеми.

Двотрубні системи водяного опалення застосовуються у випадках, коли споживачам необхідно подати теплоту приблизно однакового потенціалу (температури). Дані системи характеризуються наявністю двох стояків (вертикальних трубопроводів). По одному з них, подавальному, вода надходить до опалювальних приладів, а по зворотному вода, яка віддала тепло в опалювальних приладах, надходить у зворотний магістральний трубопровід, по якому надходить в котел або в тепловий пункт.

– за розташуванням подавальних магістральних трубопроводів системи водяного опалення підрозділяють на системи з верхньою і нижньою розводкою.

В системах опалення з **нижньою розводкою** гаряча вода від котла надходить в магістральний трубопровід, який прокладений під стелею підвалу.

Від магістралі гаряча вода по стояках гарячої води надходить до нагрівальних приладів. Далі від приладів охолоджена вода надходить в стояки охолодженої води (циркуляційні стояки), від яких попадає в циркуляційну магістраль і нею відводиться у котел.

В системах опалення з **верхньою розводкою** гаряча вода від джерела теплоти через головний стояк спрямовується в магістральний розподільчий трубопровід, який розташований на горищі, а далі через стояки гарячої води і відгалуження надходить в опалювальні прилади, що розташовані на поверхах.

Принципова відмінність між схемами з нижньою і верхньою розводкою полягає в місці прокладки магістрального трубопроводу гарячої води.

– за характером спонукання руху рідини в системі: розрізняють гравітаційні і насосні системи.

Найбільш простою схемою водяного опалення вважається **гравітаційна система**, яка застосовується для опалення невеликих будівель. При цій системі рух води забезпечується величиною гравітаційного перепаду тиску, тобто перепаду тиску, який виникає за рахунок різниці густин охолодженої і гарячої води. Принципова схема улаштування гравітаційної системи опалення приведена на рис. 4.5.

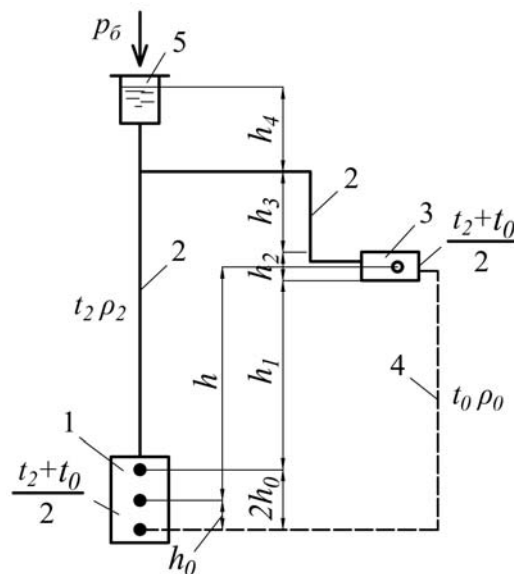


Рис. 4.5. Принципова схема гравітаційної системи опалення:

- 1 – котел; 2 – трубопровід гарячої води; 3 – опалювальний прилад;
- 4 – зворотний (циркуляційний) трубопровід охолодженої води;
- 5 – розширювальний бак

Вода, що циркулює в системі, нагрівається в котлі до температури t_2 , при цьому вона буде мати густину ρ_2 . Трубопроводами гаряча вода надходить в

нагрівальний прилад, де віддає частину свого тепла. Після нагрівального приладу охолоджена вода має температуру t_o з густиною ρ_o . Відстань за висотою від середини котла до середини найбільш високо розташованого нагрівального приладу становить h .

Величина гравітаційного перепаду тиску, який виникає за рахунок різниці густин охолодженої і гарячої води, визначається за залежністю, Па:

$$\Delta p_{gp} = gh(\rho_o - \rho_c). \quad (4.20)$$

Оскільки на практиці температура гарячої води приймається $t_c = 95^\circ\text{C}$, охолодженої $t_o = 70^\circ\text{C}$. В даних межах залежність між температурою води і її густиною має лінійний характер. При цьому залежність (4.20) можна записати у вигляді, Па:

$$\Delta p_{gp} = 6,24h(t_c - t_o). \quad (4.21)$$

При розрахунках приймається, що віддача тепла і охолодження гарячої води відбувається тільки в нагрівальному приладі, хоча в дійсності охолодження має місце і в трубопроводах системи за їх довжиною. Але цю обставину, в зв'язку з її незначною величиною, при розрахунку реальних систем, як правило, не враховують.

Розширювальний бак в системах водяного опалення призначений для вмісту приросту об'єму води в системі при її нагріванні, а також для видалення з води повітря в атмосферу як при заповненні системи водою, так і в період її експлуатації (при циркуляції). Його встановлюють в найвищій точці системи опалення, як правило, на горищі будівлі або, при його відсутності, у верхній частині сходиноквої клітини. Розширювальний бак приєднують до мережі у вищій точці магістрального трубопроводу гарячої води.

У випадку проектування опалювальних систем великої протяжності, як правило, застосовуються водяні опалювальні системи з механічним (насосним) спонуканням. Дані системи в останній час практично завжди використовуються при проектуванні водяних опалювальних систем різних будівельних об'єктів. Системи опалення з насосним спонуканням (штучною циркуляцією), як і системи з природною циркуляцією, також можуть бути двотрубні і однокотрубні, вертикальні і горизонтальні, з верхньою і нижньою розводкою магістральних трубопроводів гарячої води.

На рис. 4.6 приведена схема вертикальної двотрубної системи водяного опалення з штучною циркуляцією.

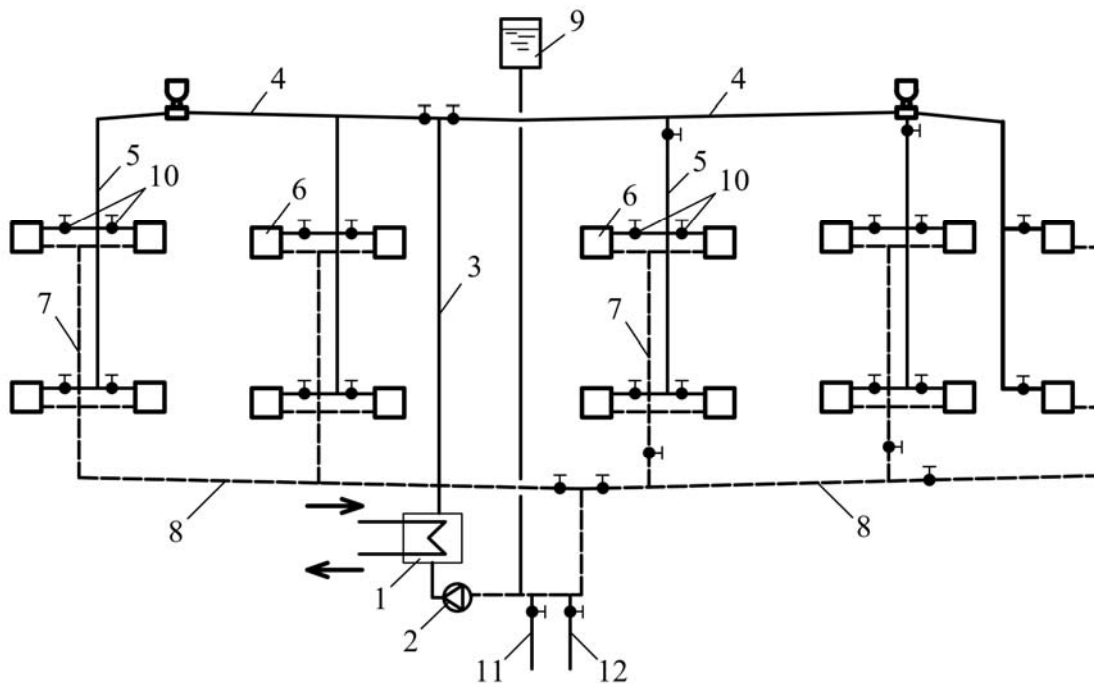


Рис. 4.6. Схема двотрубної насосної системи водяного опалення з верхньою розводкою:

- 1 – водонагрівач; 2 – циркуляційний насос; 3 – головний стояк гарячої води;
 4 – магістральний трубопровід гарячої води; 5 – стояки гарячої води;
 6 – нагрівальні прилади; 7 – стояки охолодженої води (циркуляційні);
 8 – магістральний зворотний (циркуляційний) трубопровід охолодженої води;
 9 – розширювальний бак; 10 – регулювальні крани у кожного нагрівального приладу;
 11 – труба для наповнення системи водою; 12 – спускна труба

В приведеній схемі насос встановлюється на зворотному магістральному трубопроводі перед водонагрівачем (або котлом), розташованим в тепловому пункті. В зв'язку з тим, що рух води здійснюється під дією насоса, швидкості руху води (теплоносія) в цьому випадку приймаються набагато більшими ніж при природній циркуляції. Дана обставина дозволяє суттєво зменшити діаметри труб і тим самим знизити вартість будівництва.

Поквартирні системи опалення

В останній час в нових будинках проєктують **поквартирні системи опалення**, що відповідають вимогам індивідуального обліку теплоти на опалення. Вони, в залежності від схеми розводки, можуть бути поповерховими колекторними, променевими і петлевими, двотрубними і однострубними. Найбільш ефективною вважається двотрубна колекторна схема (рис. 4.7).

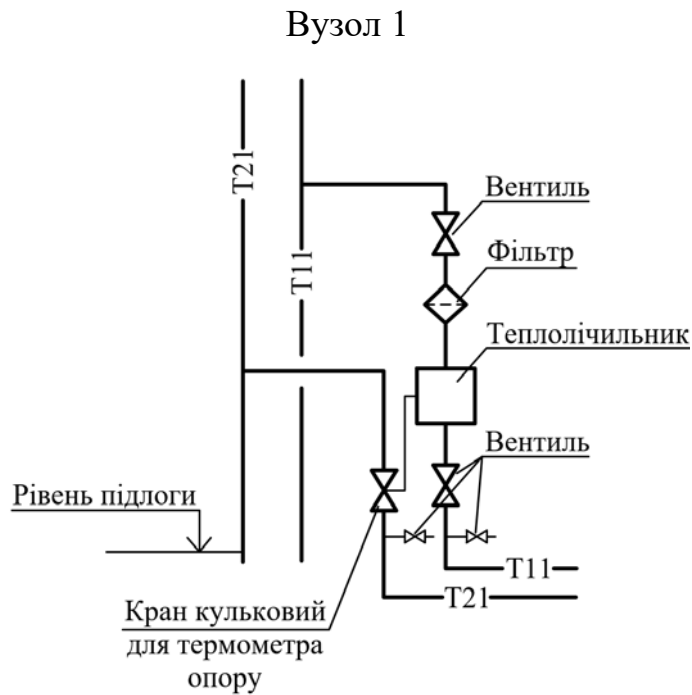
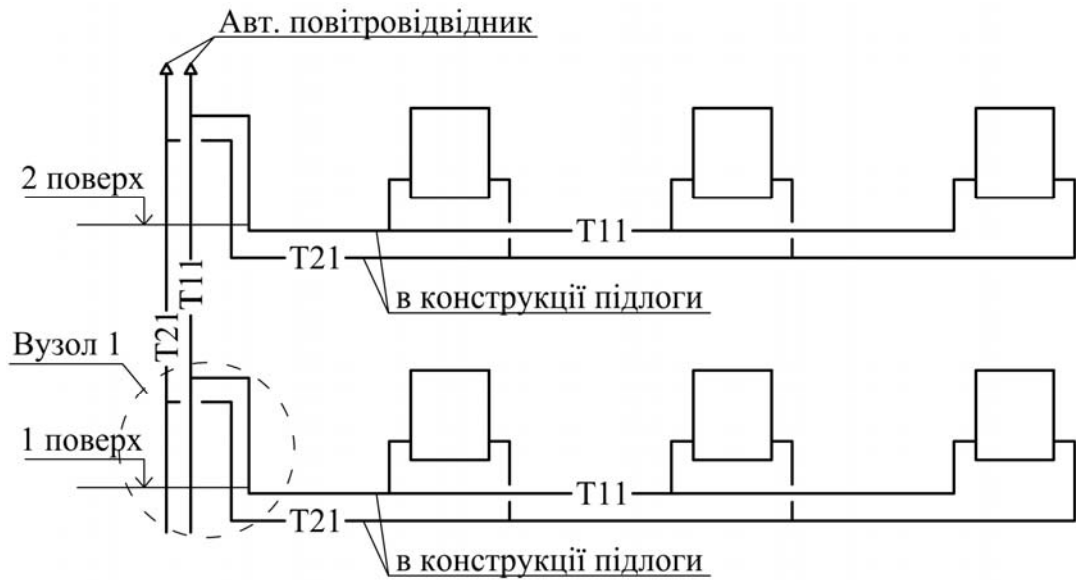


Рис. 4.7. Поквартирна розводка двотрубної системи опалення;
Вузол 1 – вузол вводу в квартиру

В даній схемі подавальні та поворотні стояки системи опалення (Т11 і Т21 відповідно) розташовані за межами квартир. До них через відповідні вентилі і фільтр та встановленим лічильником периметрально під'єднані нагрівальні прилади з індивідуальним регулювальним краном шаровим подвійного регулювання і краном Маєвського для видалення повітря.

Гідравлічний розрахунок трубопроводів системи опалення

Завдання гідравлічного розрахунку полягає в обґрунтованому виборі економічних діаметрів труб з урахуванням прийнятих перепадів тиску і витрат теплоносія.

Гідравлічний розрахунок трубопроводів виконують на основі прийнятої схеми прокладки трубопроводів і розташування нагрівальних приладів.

Для гравітаційних систем водяного опалення розрахунковий перепад тисків визначається за залежністю (4.20).

При використанні насосів розрахунковий перепад тиску буде дорівнювати сумі гравітаційного перепаду тиску (Δp_{gp}) і перепаду тиску, який створюється насосом ($\Delta p_{нас}$):

$$\Delta p_p = \Delta p_{нас} + \Delta p_{gp} . \quad (4.22)$$

При русі рідини в трубах виникають втрати тиску на подолання опору тертя за довжиною і у місцевих опорах.

Втрати тиску на подолання опору тертя за довжиною розраховуються за формулою Дарсі:

$$\Delta p_l = \frac{\lambda \rho V^2}{d} l = Rl, \quad (4.23)$$

де d – діаметр трубопроводу, м; λ – гідравлічний коефіцієнт тертя; V – швидкість руху води в трубопроводі, м/с; R – питомі втрати тиску на тертя за довжиною, Па/м; l – довжина ділянки трубопроводу, м; $\frac{\rho V^2}{2}$ – динамічний тиск води, Па.

Втрати тиску на подолання місцевих опорів визначають за формулою Вейсбаха:

$$\Delta p_m = \sum \zeta_m \frac{\rho V^2}{2} = Z, \quad (4.24)$$

де $\sum \zeta_m$ – сума коефіцієнтів місцевих опорів, які знаходяться на даній ділянці труби.

Тоді дійсні сумарні втрати тиску складуть:

$$\Delta p_{\partial} = \Delta p_l + \Delta p_m = \left(\lambda \frac{l}{d} + \sum \zeta_m \right) \frac{\rho V^2}{2} = Rl + Z. \quad (4.25)$$

Гідравлічний коефіцієнт тертя λ , який входить у розрахункові формули, залежить від відносної шорсткості матеріалу стінок труби (k/d) і режиму руху потоку, що характеризується критерієм Рейнольдса (Re).

Критерій Рейнольдса залежить від діаметра труби d , швидкості потоку V і кінематичної в'язкості рідини ν :

$$\text{Re} = \frac{Vd}{\nu}. \quad (4.26)$$

При ламінарному режимі руху рідини ($\text{Re} < 2300$) гідравлічний коефіцієнт тертя визначається за залежністю:

$$\lambda = \frac{64}{\text{Re}}. \quad (4.27)$$

В системах опалення ламінарний режим руху потоку майже не зустрічається. Практично в усіх випадках має місце турбулентний режим руху, для якого коефіцієнт λ розраховується за відповідними формулами:

– область гідравлічно гладких труб – формула Г.А. Муріна

$$\lambda = \frac{1,01}{(\lg \text{Re})^{2,5}}; \quad (4.28)$$

– перехідна область – формула М.І. Кісіна і В.М. Зусмановича

$$\lambda = \frac{0,343}{\left(\frac{d}{k_e}\right)^{0,125} \text{Re}^{0,17}}. \quad (4.29)$$

– область гідравлічно шорстких труб – формула Нікурадзе

$$\lambda = \frac{1}{\left(1,14 + 2 \lg \frac{d}{k_e}\right)^2}. \quad (4.30)$$

Для нормальної роботи системи дійсні втрати тиску, які виникають під час руху води, повинні бути меншими від розрахункових. При розрахунках рекомендується приймати 10% запасу тиску на невраховані втрати, тобто:

$$\sum (Rl + Z)_\delta = 0,9 \Delta p_p. \quad (4.31)$$

В розрахунках систем опалення використовують поняття масової витрати на ділянці, $G_{\delta il}$, (кг/с):

$$G_{\delta il} = \rho q_{\delta il}, \quad (4.32)$$

де $q_{\delta il}$ – об'ємна витрата на ділянці, л/с.

Масова витрата на ділянці $G_{\delta il}$ через теплове навантаження на ній $Q_{\delta il}$ знаходиться за формулою:

$$G_{\delta il} = \frac{3,6 Q_{\delta il}}{c(t_2 - t_0)} = \frac{0,86 Q_{\delta il}}{t_2 - t_0}, \quad (4.33)$$

тут $c = 4,19$ Вт/(кг °С) – теплоємність води.

У випадку, коли співвідношення (4.31) не виконується, тиск $\Delta p_{нас}$, який повинен створювати насос, знаходять зі співвідношення:

$$\Delta p_{нас} = \Delta p_n - \Delta p_p, \quad (4.34)$$

де Δp_n – необхідний перепад тисків.

За отриманими величинами масової витрати в системі $G_{сист}$ і тиску $\Delta p_{нас}$ підбирається відповідна марка насосу.

Труби і арматура

В системах опалення застосовують сталеві водогазопровідні нецинковані труби, холоднодеформовані сталеві труби і термостійкі труби на основі пластмас. В останній час знаходять широке застосування пластикові труби.

Водогазопровідні труби, які використовуються в системах опалення будівель, з'єднуються за допомогою зварювання і різьбового з'єднання. Основними сполучними частинами труб систем опалення є муфти, хрестовини, відводи. Для ущільнення з'єднань використовують льняне пасмо і пасту, що виготовляється із сурику та оліфи.

Для пуску системи опалення, її регулювання і відключення окремих її частин при проведенні ремонтних робіт на трубопроводах встановлюють запірно-регулюючу арматуру, засувки, вентилі, пробкові крани і термостати.

Пластмасові труби з'єднують між собою особливим зварюванням за допомогою спеціального електропаяльника.

Для індивідуального регулювання температури повітря в приміщенні на підводках води до опалювальних приладів встановлюють крани і термостати. Терморегулятори дозволяють економити до 20 % теплової енергії і забезпечують підтримку постійної температури приміщення з точністю до 1 °С.

Для нормальної роботи системи опалення велике значення має своєчасне видалення з них повітря. Для цього використовують повітровіддільники ручної або автоматичної дії. **Ручні повітровіддільники**, або крани Маєвського встановлюють в основному на радіаторах опалення. **Автоматичні повітровіддільники** поплавкового типу встановлюють зазвичай у верхніх точках систем опалення. У багатьох системах опалення видалення повітря здійснюється через розташовані у верхніх точках повітрозбірники, що під'єднані до магістралі, або розширювальні баки.

Місцеве опалення

Пічне опалення – вид місцевої системи опалення при якій генератор теплоти, теплопроводи і тепловіддаючі поверхні розміщені в одному пристрої – печі. В сучасних печах коефіцієнт корисної дії доходить до 0,75–0,85. Схема опалювальної печі приведена на рис. 4.8. Основними елементами опалювальної печі є паливник (для згоряння палива), газоходи (канали), по яких проходять гарячі гази з паливника, димова труба, яка слугує для відведення продуктів згоряння.

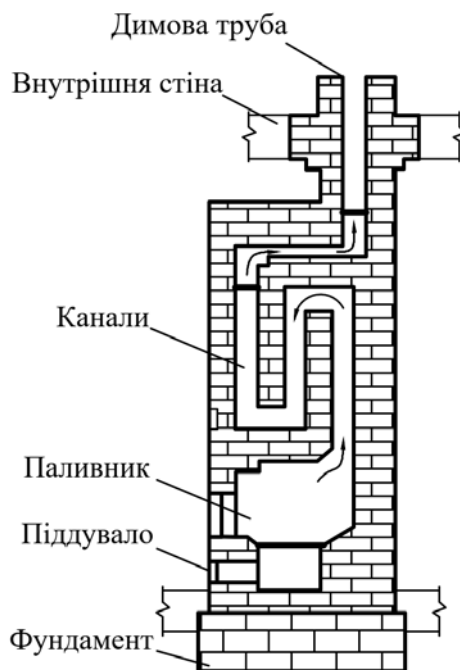


Рис. 4.8. Схема опалювальної печі

Теплота генерується при згорянні палива в паливнику печі. Гарячі димові гази нагрівають внутрішню поверхню каналів, теплота через стінки каналів передається в опалювальне приміщення. Охолоджені димові гази з температурою 130–150 °С видаляються через димову трубу в атмосферу.

Пічне опалення допускається в житлових будинках при числі поверхів не більше двох, невеликих громадських і промислових будівлях, дачних будиночках і банях.

Опалювальні прилади

Опалювальні прилади є одним з основних елементів системи опалення. Їх призначення – безпосередній обігрів приміщень шляхом передачі тепла від теплоносія. До цих приладів пред'являються такі основні вимоги:

– теплотехнічні, до яких належать висока здатність передавати тепло від теплоносія до повітря приміщення (коефіцієнт теплопередачі не менше 9–16 Вт/(м²·К));

– санітарно-гігієнічні – обмеження температури поверхні нагріву 80 °С, при більших температурах має місце пригорання пилу на цих поверхнях;

– техніко-економічні – відносно невелика вартість приладів;

– естетичні – гармонічно вписуватись в інтер'єр опалювальних приміщень.

Найбільш широко використовуваними опалювальними приладами є: чавунні радіатори, ребристі труби, гладкі труби, сталеві панельні радіатори, конвектори.

Попередньо визначивши втрати тепла в кожному з приміщень будинку Q_{np} , розраховують необхідну площу нагріву нагрівальних приладів (м²) для цього приміщення за формулою:

$$F_{np} = \frac{Q_{np}}{K(t_{сер} - t_{вих})} \alpha, \quad (4.35)$$

де K – коефіцієнт теплопередачі поверхні нагрівального приладу, Вт/(м² °С);

$t_{сер} = \frac{t_{вх} - t_{вих}}{2}$ – середня температура теплоносія в нагрівальному приладі, °С;

$t_{вх}$, $t_{вих}$ – температура теплоносія, відповідно, на вході і на виході з нагрівального приладу, °С; $\alpha \approx 1,2$ – узагальнений коефіцієнт, який враховує спосіб встановлення приладу, характер підводки води до нього, охолодження води у приладі і кількість секцій.

Обравши тип нагрівального приладу і, знаючи його площу нагріву (f_{np}), знаходять кількість приладів:

$$N = \frac{F_{np}}{f_{np}}. \quad (4.36)$$

В системах водяного опалення найчастіше застосовуються наступні опалювальні прилади: чавунні радіатори, сталеві штамповані радіатори, ребристі труби, конвектори. В системах панельно-променистого опалення – опалювальні підлоги, стелі, стінові панелі.

Опалювальні прилади, як правило, розташовують на стіні під вікном для створення так званої «теплової завіси». Довжина опалювального приладу повинна складати не менше 75 % довжини світлового отвору.

Опалювальні прилади встановлюють так, щоб їх ребра розташовувалися строго вертикально на рівні не менше 60 мм від підлоги, 50 мм – від нижньої

поверхні підвіконня, 25 мм – від поверхні світлового отвору. При встановленні необхідно передбачити огляд, очищення і ремонт приладів в період їх експлуатації.

Для встановлених нагрівальних приладів обов'язково треба забезпечити можливість регулювання їх тепловіддачі. З цією метою зазвичай застосовують терморегулюючі клапани.

Класифікація опалювального обладнання

Всі опалювальні прилади за способом тепловіддачі поділяються на три групи:

– **радіаційні**, які передають випромінюванням не менше 50 % загального теплового потоку: опалювальні панелі і випромінювачі;

– **конвективно-радіаційні**, які передають конвекцією від 50 до 75 % загального теплового потоку: радіатори секційні і панельні, гладкотрубні прилади, опалювальні панелі підлоги;

– **конвективні**, які передають конвекцією не менше 75 % загального теплового потоку: конвектори і ребристі труби.

В ці три групи входять опалювальні прилади п'яти основних видів: радіатори секційні і панельні, гладкотрубні прилади (ці три види мають гладку зовнішню поверхню), конвектори, ребристі труби (мають гладку зовнішню поверхню), конвектори, ребристі труби (мають ребристу поверхню). До приладів з ребристою зовнішньою поверхнею відносяться також калорифери, які застосовуються для нагрівання повітря в системах повітряного опалення, вентиляції і кондиціонування повітря.

Опалювальні прилади, які застосовуються в системах центрального опалення підрозділяються:

– **за матеріалом** – на прилади металеві (чавунні, сталеві, алюмінієві, біметалеві) і неметалеві (керамічні, бетонні та ін.); в комбінованих приладах застосовують теплопровідний матеріал (бетон, кераміку), в який закладають сталеві або чавунні нагрівальні елементи (панельні радіатори). Ребристі металеві труби розміщують в неметалевому кожусі (конвектори); до неметалевих приладів відносять бетонні панельні радіатори, стелі і підлоги з панелей в які вмонтовані металеві або пластмасові нагрівальні труби або пустоти без труб, а також керамічні, пластмасові і інші радіатори;

– **за зовнішньою поверхнею** – на гладкі (радіатори і панелі), ребристі (конвектори, ребристі труби);

– **за висотою** – на високі (висотою більше 650 мм), середні (400–650 мм), низькі (200–400 мм) і плінтусні (до 200 мм включно);

– **за глибиною** (товщиною) – малої (до 120 мм включно), середньої (120–200 мм) і великої глибини (більше 200 мм);

– **за величиною теплової інерції** – малої і великої інерції.

До приладів малої теплової інерції відносять прилади, які мають невелику масу матеріалу і вміщеної води. Приладами, які мають велику теплову інерцію, вважають масивні прилади, які містять значну кількість води (наприклад, чавунні радіатори).

Незалежно від типу нагрівального приладу при його виборі необхідно звертати увагу на два параметри: теплова потужність нагрівального приладу і тиск в системі опалення, який він може витримати.

Радіатором називають конвективно-радіаційний опалювальний прилад, який складається або з окремих колончатих елементів – секцій з каналами круглої або еліпсоподібної форми, або з плоских блоків з каналами колончатої або зміївидної форми. Секції радіаторів виготовляються з сірого чавуну, сталі чи алюмінію і можуть компонуватись у прилади різної площі шляхом їх з'єднання на різьбових нипелях. Декілька секцій в зборі називають **секційним радіатором**.

Чавунні секційні радіатори призначені для систем опалення житлових, громадських і виробничих будівель підвищеної поверховості з температурою теплоносія до 130 °С (в тому числі і в парових системах опалення) і робочим тиском до 0,9 МПа. Радіатори випускаються малої (300 мм) і середньої (500 мм) висоти.

Сталеві панельні радіатори складаються з двох штампованих листів, які утворюють горизонтальні колектори, що з'єднані вертикальними колонками. Дані радіатори відрізняються від чавунних секційних меншою масою і тепловою інерцією, мають підвищений коефіцієнт теплопередачі, легко очищуються від пилу.

Алюмінієві радіатори опалення відрізняються високою віддачею тепла і економічністю в експлуатації, сучасним дизайном. Довжина алюмінієвого радіатора і його потужність підбирається з окремих секцій. Радіатори розраховані на тиск 0,6–1,2 МПа.

Бетонні опалювальні панелі монтують з плоских блоків виготовлених з важкого бетону. В якості вмонтованих в них нагрівальних елементів застосовуються металеві або пластмасові труби. Панелі відповідають

санітарно-гігієнічним і архітектурно-будівельним вимогам. Але складно піддаються ремонту. В даний час їх застосування досить обмежено.

Конвектори – прилади, що створюють певну циркуляцію нагрітого повітря вгору від нагрітої поверхні до стелі приміщення і його опускання вниз після охолодження. В даний час, в залежності від використовуваного джерела тепла, застосовують електричні, газові і водяні конвектори. Матеріал – сталь, алюміній, мідь, чавун. Конвектори встановлюються на стінці, і в підлозі приміщення.

Біметалеві радіатори складаються з 3–15 секцій. Кожна секція виготовляється зі сталевих регістра, на який нанесено тонкостінне оребрення з високоякісного алюмінієвого сплаву. Радіатори можуть комплектуватися терморегуляторами для підтримання заданої температури в приміщенні. Температура теплоносія – плюс 110 °С, робочий тиск – 2 МПа.

Ребристі труби представляють собою фланцеву чавунну трубу, зовнішня поверхня якої покрита тонкими відлитими ребрами довжиною 1–2 м. Труби встановлюють горизонтально в декілька ярусів. Дані нагрівальні прилади в приміщеннях з постійним перебуванням людей не встановлюють.

Гладкотрубні нагрівальні прилади складаються з декількох з'єднаних сталевих труб великого діаметра (32–100 мм). Через відносно великі розміри і вагу в основному їх застосовують для обігріву виробничих приміщень.

При підвищених санітарно-гігієнічних, а також протипожежних і противибухових вимогах обирають прилади з гладкою поверхнею – радіатори панельні бетонні або сталеві і гладкотрубні прилади.

При довготривалому перебуванні людей для обігріву приміщень застосовують конвективно-радіаційні і конвективні нагрівальні прилади. Причому в одній будівлі не допускається встановлювати більше двох видів нагрівальних приладів.

Для автоматичного регулювання тепловіддачі опалювальних приладів застосовують індивідуальні термодіафрагми або терморегулятори (термостати). Застосування автоматичного регулювання тепловіддачі дозволяє зменшити витрату теплоти до 20 %. Ручне регулювання тепловіддачі здійснюється за допомогою кранів і вентилів.

Додаткові системи опалення

Поряд з водяними системами опалення, які мають найбільше розповсюдження на практиці, в окремих випадках для об'єктів застосовуються й інші системи опалення.

Парове опалення

В системах парового опалення в нагрівальні прилади надходить водяна пара, яка конденсується, передаючи теплоту фазового переходу через поверхню стінки до навколишнього повітря. Конденсат пари використовують на гаряче водопостачання і технологічні потреби або скидають у дренаж, як правило його не повертають від споживачів до джерела тепла. Такі системи неекономічні, їх застосовують, якщо витрата пари невелика.

Насичену пару використовують в діапазоні значень тиску 0,1–4 МПа і відповідно температур 100–250 °С. Більш високий температурний рівень може бути забезпечений при використанні перегрітої пари. Парові системи розповсюджені в основному на промислових підприємствах.

Повітряне опалення

Повітряні системи опалення мають досить широке застосування. Вони незамінні в цехах, на складах готової продукції, в актових залах, їдальнях, великих офісах, торгових галереях та інших приміщеннях, які потребують надходження значних витрат повітря.

Теплоносієм у системах повітряного опалення є атмосферне повітря, яке нагрівається за рахунок первинного теплоносія – пари, гарячої води або газів до заданої температури.

Променеве опалення

При влаштуванні таких систем передача теплоти від джерела до внутрішнього повітря приміщення здійснюється променевим способом.

Забезпечення променевого способу опалення здійснюється опалювальними панелями, що являють собою нагрівальні прилади з суцільною гладкою нагрівальною поверхнею.

Опалювальні панелі спільно з розташованими в них теплопроводами, в яких циркулює перегріта вода, і створюють систему панельно-променевого опалення.

Інфрачервоне опалення

При інфрачервоному опаленні обігрів приміщення відбувається головним чином за рахунок променистого теплообміну між джерелом тепла – променистими обігрівачами і поверхнями будівельних конструкцій. Потрапляючи на поверхню огорожень випромінення частково поглинається і частково відбивається ними. При відбитті має місце так зване вторинне

випромінення. В даний час випускаються різні прилади інфрачервоного опалення (електричні та інфрачервоні лампи та панелі). Як правило інфрачервоні обігрівачі використовуються в нежитлових приміщеннях. В конструкцію інфрачервоного випромінювача входить сам випромінювач (нагріте тіло) і рефлектор-відбивач.

Електричне опалення

При електричному опаленні отримання теплоти пов'язано з перетворенням електричної енергії в теплову (електрокалорифери, електроконвектори, електровентилятори, електричні печі, гріючі панелі і підлоги). Дані прилади мають високі гігієнічні показники, малу витрату металу, простий монтаж, можливість регулювання і автоматизації. Застосовуються в основному для місцевого обігріву.

Питання для самоперевірки

1. Як визначається теплова потужність системи опалення житлових і адміністративних будівель?
2. Як визначається теплова потужність системи вентиляції адміністративних будівель?
3. Як визначається теплова потужність системи гарячого водопостачання житлових будівель?
4. Які системи опалення належать до місцевих, а які до централізованих?
5. Які теплоносії використовуються в системах теплопостачання?
6. Поясніть принцип роботи систем теплопостачання з природним і механічним спонуканням?
7. Яка температура теплоносія підтримується в системах водяного опалення?
8. Як визначається гравітаційний перепад тисків?
9. Як визначаються втрати тиску за довжиною трубопроводів?
10. Як визначається необхідна площа нагріву нагрівальних приладів?
11. Які основні вимоги пред'являються до нагрівальних приладів?
12. Яка температура води допускається в системах внутрішнього гарячого водопостачання?
13. Як визначається розрахункова витрата гарячої води?
14. Як розраховується циркуляційна витрата води?
15. Як визначається необхідний напір в системі внутрішнього гарячого водопроводу?

РОЗДІЛ 5 ГАЗОПОСТАЧАННЯ

5.1. Зальні відомості

Системи газопостачання призначені для транспортування і розподілу газу між споживачами на побутові, комунально-побутові та технологічні потреби.

Газопостачання споживачів може здійснюватись штучними і природними горючими газами.

До штучних відносять газу, які виробляються на газових заводах під час термічної переробки твердих і рідких палив, а також при переробці вторинних продуктів деяких виробництв.

До природних – газу: які видобуваються на газових родовищах; супутні нафтові; ті що отримують з газоконденсатних родовищ.

Найбільше розповсюдження в практиці знайшло постачання споживачів природним газом. У порівнянні з твердим газоподібне паливо є більш економічним.

Класифікація систем газопостачання

Системи газопостачання в залежності від своїх характеристик поділяються на такі категорії:

За величиною робочого тиску:

- високого тиску I категорії – $0,6 < p < 1,2$ МПа;
- високого тиску II категорії – $0,3 < p < 0,6$ МПа;
- середнього тиску – $0,005 < p < 0,3$ МПа;
- низького тиску – p до $0,005$ МПа включно.

Газопроводи високого тиску (I категорії) призначені для подачі до міських газорегуляторних пунктів, а також до підприємств, технологічні процеси яких потребують високого тиску.

Газопроводи середнього і високого (II категорії) тиску прокладають для живлення розподільних газопроводів низького і середнього тиску (через газорегуляторні пункти), а також промислових і комунально-побутових підприємств (через місцеві газорегуляторні установки).

Газопроводи низького тиску призначені для постачання газом житлових і громадських будівель, а також дрібних промислових і комунально-побутових підприємств.

За виглядом у плані: тупикові, кільцеві і змішані.

За числом ступенів тиску в газових мережах системи газопостачання: одно-; дво-; три- і багатоступінчасті.

За місцем розташування в населеному пункті:

- зовнішні (вуличні, внутрішньоквартальні, міжцехові);
- внутрішні (розташовані в середині будівель і приміщень).

За положенням відносно поверхні землі:

- підземні (підводні);
- надземні (надводні);
- наземні.

За призначенням в системі газопостачання:

- розподільні;
- газопроводи-вводи;
- продувні;
- скидні;
- імпульсні.

За матеріалом труб:

- металеві (сталеві, мідні та ін.);
- неметалеві (поліетиленові та ін.).

За видом транспортованого газу:

- природний газ;
- супутній газ;
- зріджений вуглеводневий газ.

Джерела постачання газу

Природні гази можна поділити на три групи:

– гази, які видобуваються з чисто газових родовищ. Вони в основному складаються з метану (важких вуглеводнів міститься менше 50 г/м³).

– гази, що видобуваються із свердловин нафтових родовищ сумісно з нафтою, називаються супутніми (зазвичай містять важких вуглеводнів більше 150 г/м³).

– гази, які видобувають з конденсатних родовищ, складаються з суміші газу і парів конденсату.

Вилучають газ із газоносних пластів за допомогою свердловин, які влаштовують методом роторного, турбінного та електричного буріння. Більшість свердловин, що експлуатуються, мають глибину 2000 м. При цьому тиск в них становить 20 МПа.

В окремих районах міста та в населених пунктах, де немає газових мереж, набуло поширення газопостачання **зрідженими вуглеводневими газами**. При цьому газопостачання здійснюється з індивідуальних або групових установок зрідженого газу. В даному випадку заборонене використання балонів всередині будинків, які мають більше 2-х поверхів.

5.2. Склад і загальні характеристики газів

Властивості газового палива залежать від властивостей окремих горючих і негорючих газів, з яких воно складається. Горючі гази містять метан (CH_4 – міститься до 98%) і вуглеводні. Баластні гази – азот (N_2), вуглекислий газ (CO_2) і кисень (O_2). Домішки, які входять до складу природних газів, в основному складаються з водяної пари (H_2O), сірководню (H_2S) і пилу. Густина природного газу знаходиться в межах від 0,73 до 0,85 кг/м³.

Основними властивостями горючих газів є:

– **теплотвірна здатність** або питома теплота згорання – кількість тепла, яка виділяється при повному згоранні 1 м³ газу. Теплотвірна здатність деяких газів наведена в табл. 5.1;

– **температура горіння** – це температура, яку отримують вироби при спаленні газоподібного палива (1100–2600⁰С).

Таблиця 5.1

Теплота спалювання газів

Газ	Теплота спалювання кДж/м ³
Природний газ	25000 – 42000
Супутній газ	38000 – 63000
Коксовий газ	≈ 16800
Доменний газ	≈ 10500

Найбільшу цінність для газопостачання міст мають природні гази, які складаються з горючих та баластних газів і домішок.

Спалювання газів

Горіння – це процес швидкого окиснювання горючих компонентів палива киснем, що супроводжується інтенсивним виділенням теплоти з

високою температурою у зоні спалювання. Щоб газ згорів, його потрібно змішати з певною кількістю повітря й підігріти до температури займання.

Газ запалюється, горить та вибухає тільки у визначених концентраційних межах. Нижня межа відповідає мінімальній, а верхня – максимальній кількості газу у суміші, при якій відбувається займання (або вибух). За межами цих концентричних меж газоповітряні суміші не горять і не вибухають.

Присутність в приміщенні більше 20 % газу за об'ємом призводить до задухи, а його накопичення в закритому об'ємі від 5 до 15 % може викликати вибух газоповітряної суміші.

Залежно від методу утворення газоповітряної суміші розрізняють такі методи спалювання газу: дифузійний, змішаний і кінетичний.

При **дифузійному** методі спалювання до фронту горіння газ надходить під тиском пальника, а необхідне для згорання повітря – окремо, з навколишнього середовища. Утворення суміші при такому методі проходить одночасно з процесом горіння, яке протікає повільно, в довгому полум'ї, з утворенням часточок сажі.

При **змішаному** методі спалювання частина первинного повітря змішується з газом за рахунок ежекції повітря у самому пальнику, а решта повітря, необхідного для завершення згорання, дифундує у зону горіння із зовнішнього середовища. Цей метод спалювання газу широко використовується у пальниках побутових конфоркових плит, у комунально-побутових і деяких промислових установках.

При **кінетичному** методі спалювання до місця горіння подається газоповітряна суміш, повністю підготовлена всередині пальника, довжина полум'я при цьому найменша.

Перевагою цього методу спалювання є мала ймовірність неповного спалювання, низький коефіцієнт надлишку повітря ($\alpha = 1,05-1,2$) в топці, висока теплопродуктивність пальників. Недоліком є необхідність стабілізації газового полум'я.

Для спалювання 1 м³ метану необхідно 9,52 м³ повітря. В результаті згорання 1 м³ метану отримуємо 1 м³ вуглекислого газу, 2 м³ водяної пари, 7,52 м³ азоту і невелику кількість надлишкового кисню. Продуктами неповного згорання можуть бути: окис вуглецю, незгорівші водень, метан, важкі вуглеводні і сажа.

Найменша кількість повітря, яка необхідна для повного згорання газу називається **теоретичною кількістю повітря** і позначається L_m , м³:

$$L_m = \frac{Q_n}{4190} \cdot 1,1. \quad (5.1)$$

Однак дійсна витрата газу завжди більша теоретичної і визначається за залежністю, м³:

$$L_d = \alpha \cdot L_m, \quad (5.2)$$

де $\alpha = 1,05-1,2$ – коефіцієнт надлишку повітря.

При $\alpha = 1,2$ спалювання газу відбувається з надлишком повітря на 20 %. Так при коефіцієнті надлишку $\alpha = 1,02...1,2$, щоб спалити 1 м³ метану, потрібно близько 10...12 м³ повітря.

Як правило, спалювання газу має проходити з мінімальним значенням α . При значеннях α менше 1,0 відбувається неповне згорання газу.

Повітря, яке бере участь в горінні, буває первинним і вторинним. **Первинним** називається повітря, яке надходить в пальник і змішується в ньому з газом; **вторинним** – повітря, яке надходить в зону горіння не в суміші з газом, а окремо.

Оскільки природний газ не має запаху для виявлення останнього йому штучно надають специфічний запах (одорують) на барботажах установках головних споруд. Запах природного газу має відчуватися при вмісті його в повітрі в кількості не більше як 1/5 нижньої границі займистості. В якості одорантів застосовують деякі сірчані з'єднання, наприклад, етилмеркаптан.

5.3. Улаштування зовнішніх газових мереж

Система газопостачання природним газом містить в собі газове родовище (ГР), магістральний газопровід (МГ), газокompресорні станції (ГКС), газорозподільні станції (ГРС) і газопроводи міста: високого тиску (ГВТ), середнього тиску (ГСТ) і низького тиску (ГНТ), а також газорозподільні пункти (ГРП) і газорозподільні установки (ГРУ), відгалуження і вводи на об'єкти, які використовують газ, а також внутрішні газопроводи будівель і прилади споживання газу.

Газопровід – інженерна споруда, яка призначена для доставки природного газу споживачам за допомогою трубопровідного транспорту. Він є важливим елементом системи газопостачання, оскільки на спорудження їх витрачається до 70% капітальних вкладень. Схема споруд магістрального газопроводу приведена на рис. 5.1.

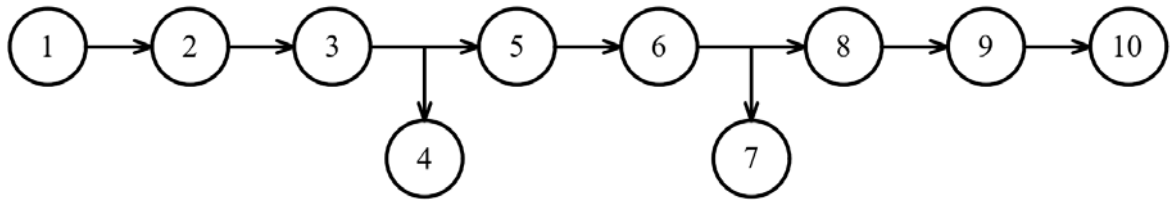


Рис. 5.1. Схема споруд магістрального газопроводу:

1 – газові промисли; 2 – УКПГ; 3 – головна КС з очисними спорудами; 4 – відвід до ГРС; 5 – переходи через залізницю і шосейну дорогу; 6 – проміжна КС; 7 – підземне газосховище; 8 – переходи через яр і ріку; 9 – станція катодного захисту; 10 – кінцева газорозподільна станція

Магістральні трубопроводи призначені для транспортування газу на великі відстані. За призначенням у системі газопостачання магістральні газопроводи поділяються на:

- базові (магістральні), призначені для транспортування газу з місць видобування в райони споживання або для передачі в інші газопроводи;
- розподільні, призначені для подачі газу у газопроводи-відводи або крупним споживачам;
- газопроводи-перемички, призначені для передачі газу із однієї системи в іншу;
- газопроводи-відводи, призначені для подачі газу окремим містам, селищам, промисловим підприємствам.

Залежно від робочого тиску магістральні газопроводи поділяються на два класи:

- I клас – при робочому тиску від 2,5 до 10 МПа включно;
- II клас – при робочому тиску від 1,2 до 2,5 МПа включно.

За конструкцією лінійної частини розрізняють такі магістральні газопроводи:

- прості, з постійним діаметром труб від головних споруд до кінцевої ГРС, без відводів до супутніх споживачів (без відборів газу) і без проміжного приймання газу (без підкачування). Прості газопроводи мають невелику довжину і працюють під тиском однієї компресорної станції;
- телескопічні, що мають різні діаметри окремих ділянок;
- багатониткові, коли паралельно до основної магістралі прокладені додатково одна або більше ниток газопроводу такого ж діаметра. Паралельні нитки зазвичай з'єднуються через певні інтервали перемичками;
- кільцеві, що споруджуються навколо великих міст для збільшення надійності газопостачання.

Для перекачування і підтримання необхідного тиску газу на трасі магістрального газопроводу з інтервалом 100–150 км будуються **головна компресорна станція (ГКС) і проміжні (лінійні) компресорні станції (КС)**, які обладнують в основному відцентровими компресорами (нагнітачами) продуктивністю від 10 до 50 млн. м³ на добу і робочим тиском на виході 7,45 або 5,5 МПа.

Крім основного процесу стиснення і перекачування газу, на всіх компресорних станціях передбачається очищення газу від механічних домішок у пиловловлювачах і фільтрах та охолодження газу після компресування.

На підході до міста споруджують **газорозподільні станції (ГРС)**, з яких газ після заміру його кількості і зниження тиску, через **газорозподільні пункти (ГРП)** подається в розподільні мережі міста (мережі низького тиску). Кінцева ділянка магістрального газопроводу від ГРС є границею між міськими і магістральними газопроводами. ГРП і ГРУ слугують для зниження тиску і підтримання його на заданому рівні. ГРП зазвичай споруджують для живлення газом розподільних мереж, а ГРУ – для живлення окремих споживачів.

Від міських розподільних мереж газ подається споживачу по відводу (відгалуженню), тобто по тій частині газопроводу, яка йде від розподільної його частини до засувки, що встановлюється на ввіді в будинок або підприємство. Ділянка газопроводу від відмикаючої засувки до вводу в будинок називається **дворовим (внутрішньоквартальним) газопроводом**. Всередині будинку газопровід від його вводу до приладу, що споживає газ, називається **внутрішньобудинковим або внутрішньоцеховим**.

Газопроводи, прокладені поза будинками, по вулицях (вуличні), у середині житлових кварталів (внутрішньоквартальні), у середині дворів (дворові), по території промислових підприємств (міжцехові) між населеними пунктами (міжселищні) відносяться до **зовнішніх**, внутрішньобудинкові і внутрішньоцехові – до **внутрішніх** газопроводів.

Розподільними вважають зовнішні газопроводи, які починають своє розташування від ГРП, і забезпечують газопостачання до вводів в будівлю.

Газовим вводом називають газопровід від місця приєднання до розподільного газопроводу до місця приєднання відключаючого пристрою на ввіді. Розрізняють вводи вуличні, внутрішньоквартальні, міжцехові та ін.

Деякі магістральні газопроводи з'єднані з підземними сховищами газу (ПСГ). Накопичення газу відбувається в теплий період року, коли споживання газу зменшується, надлишок його направляється в підземне сховище.

Для ліквідації добової нерівномірності споживання газу застосовують спеціальні споруди, які називаються **газгольдерами**. Дані споруди являють собою металеві резервуари постійного об'єму циліндричної або сферичної форми. Газгольдери наповнюються газом у ті години доби, коли місто одержує газу більше, ніж витрачає. Тиск в газгольдерах може бути до 1,8 МПа; місткість одного газгольдера – до 25000 м³. Розміщують газгольдери групами на спеціальних майданчиках.

При проектуванні газопостачання міст і населених пунктів застосовують наступні системи розподілення газу за тиском:

- **одноступінчасті** з подачею споживачам газу одного тиску;
- **двоступінчасті** з подачею споживачам газу по газопроводах двох тисків;
- **триступінчасті** з подачею споживачам газу по трубопроводах трьох тисків;
- **багатоступінчасті**.

Зв'язок між газопроводами, які мають різний тиск і входять в систему газопостачання, встановлюється через ГРП і газорегуляторні установки ГРУ.

Необхідність сумісного застосування декількох ступенів тиску газу в містах виникає через велику протяжність міських газопроводів, які несуть великі газові навантаження, наявності споживачів, які потребують різних тисків, через умови експлуатації та ін. Схеми влаштування одноступінчастої і двоступінчастої систем приведені на рис. 5.2.

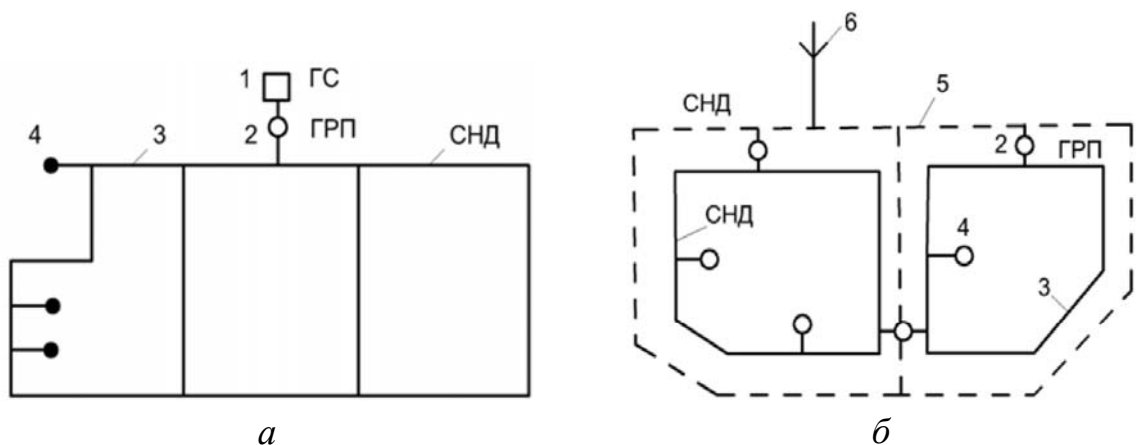


Рис. 5.2. Системи газопостачання населених місць:

а – одноступінчаста; *б* – двоступінчаста:

- 1 – групова установка газу зрідженого (ГС); 2 – газорегуляторний пункт (ГРП);
- 3 – трубопровід низького тиску (ТНТ); 4 – відгалуження до споживачів;
- 5 – трубопровід середнього тиску (ТНТ); 6 – промислове підприємство (ПП);

На рис. 5.2, а представлена схема одноступінчастої системи розподілу газу, що складається з газгольдерної станції низького тиску, кінцевого газорегуляторного пункту низького тиску, кільцевих газопроводів низького тиску.

На рис. 5.2, б наведена схема двоступінчастої системи газопостачання. Газ середнього тиску по газопроводу підводиться до газорегуляторних пунктів, які розташовуються поза кварталом на вільних від забудови майданчиках. Із газорегуляторних пунктів після зниження тиску газ надходить до газопроводів низького тиску, а через вводи підводиться до внутрішньодомової мережі.

У системі газопостачання можуть бути передбачені також комбіновані ГРП, які одночасно знижують тиск газу від високого до середнього й від середнього до низького.

Трубопроводи і арматура

Для транспортування газу застосовують сталеві (безшовні і зварні) та пластмасові (поліетиленові і вінілпластові) труби. При цьому товщина стінок надземного газопроводу повинна бути не меншою 2 мм, а підземного – 3 мм. Мінімальний діаметр підземних газопроводів: для розподільних мереж – 50 мм; для відгалужень до споживачів – 25 мм.

Сталеві газопроводи, які прокладають в землі, з'єднують зварюванням. При цьому різьбові з'єднання не допускаються. Фланцеві з'єднання допускаються тільки в колодязях, в місцях встановлення арматури і компенсаторів.

На мережі газопроводів для влаштування поворотів і відгалужень застосовують фасонні частини (відводи, трійники, хрестовини, коліна, фланці, заглушки та ін).

Відключення окремих ділянок газопроводів здійснюється за допомогою запірної арматури до якої належать крани і засувки.

Вимикаючі пристрої на відгалуженнях до житлових і дрібних комунальних об'єктів можна розташовувати на стінах будівель. На вводах газопроводів низького і середнього тиску вимикаючі пристрої слід встановлювати зовні будівлі у зручному і доступному місці. Допускається встановлення вимикаючих пристроїв на вводах усередині будівель – у сходових клітках, тамбурах і коридорах. На вводах газопроводів високого тиску вимикаючі пристрої встановлюють вище дверей на стіні будівлі, яка не має вікон, що відчиняються.

На підземних газопроводах вимикаючі пристрої слід встановлювати в колодязях з лінзовими компенсаторами. При сталевій арматурі, яка приєднується до газопроводів зварюванням, компенсатори не встановлюють. У днищі колодязя влаштовують приямок для збирання води.

На рис. 5.3 приведена схема залізобетонного колодязя для встановлення засувки. З метою сприйняття температурних деформацій передбачений дволінзовий компенсатор.

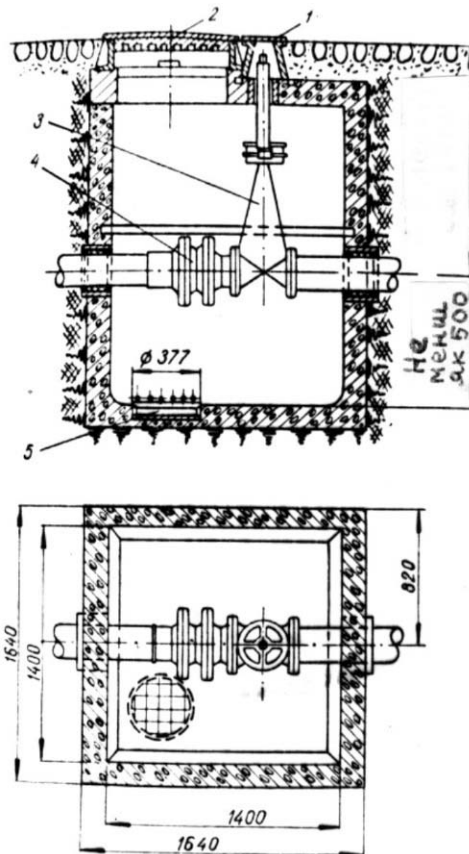


Рис. 5.3. Улаштування залізобетонного колодязя для газової запірної арматури:

- 1 – ківер; 2 – чавунний люк; 3 – засувка; 4 – лінзовий компенсатор;
5 – приямок

Витікання газу з газових мереж виявляють за допомогою спеціальних контрольних патрубків, встановлених над зварними стиками підземних газопроводів в контрольних пунктах через кожні 100 м мережі (рис. 5.4). Патрубки виконуються із сталеві труби діаметром 50 мм, її нижній кінець приварюється до кожуха з листової сталі товщиною 2...3 мм і шириною 350 мм, зігнутого у вигляді напівциліндра, розміщеного над стиком газопроводу.

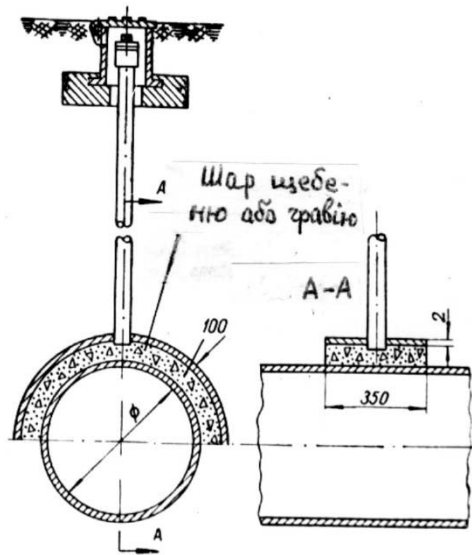


Рис. 5.4. Схема контрольного патрубка

Простір між кожухом і газопроводом заповнюється шаром щебеню або гравію.

Для захисту трубопроводів від корозії на них наносять спеціальні ізоляційні покриття. Крім того застосовують електрохімічні методи захисту за допомогою станцій катодного захисту, проектують дренаж.

Прокладання зовнішніх газопроводів

Газопроводи високого тиску прокладають по окраїнах населеного пункту або в районах з малою щільністю населення., а газопроводи середнього і низького тиску – по всіх вулицях, причому газопроводи великих діаметрів по можливості слід прокладати по вулицях з неінтенсивним рухом.

Газові мережі зазвичай прокладають в землі (підземна прокладка). На територіях промислових і комунально-побутових підприємств можливе застосування надземної прокладки по стінах і дахах будівель, по колонах і естакадах. Допускається надземна прокладка внутрішньоквартальних (дворових) газопроводів і по фасадах будівель.

Дозволяється прокладати два або більше газопроводи в одній траншеї, але в цьому випадку відстань між газопроводами слід призначати із умови зручності їх монтажу і ремонту (не менше 0,4 м при діаметрах труб до 300 мм включно і не менше 0,5 м при більших діаметрах).

При перетині газопроводами інших комунікацій відстані по вертикалі повинні бути не менше: 0,15 м при перетині водопроводу, каналізації, телефонної мережі; 0,5 м – при перетині електрокабелю. При перетині газопроводів з каналами тепломережі, каналізаційних колекторів і тунелів їх

прокладають у футлярах, які виходять за зовнішні стінки споруд, що перетинаються, на 2 м з кожного боку.

Для стоку і видалення вологи газопроводи прокладають з похилом не менше 0,002 і в нижніх точках розташовують збірники конденсату. Газопроводи прокладають на глибині не менше 0,8 м. У місцях, де непередбачений рух транспорту, глибину прокладання допускається зменшувати до 0,6 м.

Для приблизних розрахунків для мереж відстань між ГРС повинна знаходитись в межах 10 – 15 км. Радіус дії ГРП приймається 500–1000 м.

При перетині газопроводів річок їх прокладають у вигляді дюкерів. Зазвичай дюкери виконують у дві і більше нитки. Кожна нитка повинна бути розрахована на пропуск не менше 70 % пропускної здатності.

При влаштуванні надземних переходів газопроводи можна підвішувати до існуючих металевих і залізобетонних мостів або споруджувати спеціальні мости (рис. 5.5)

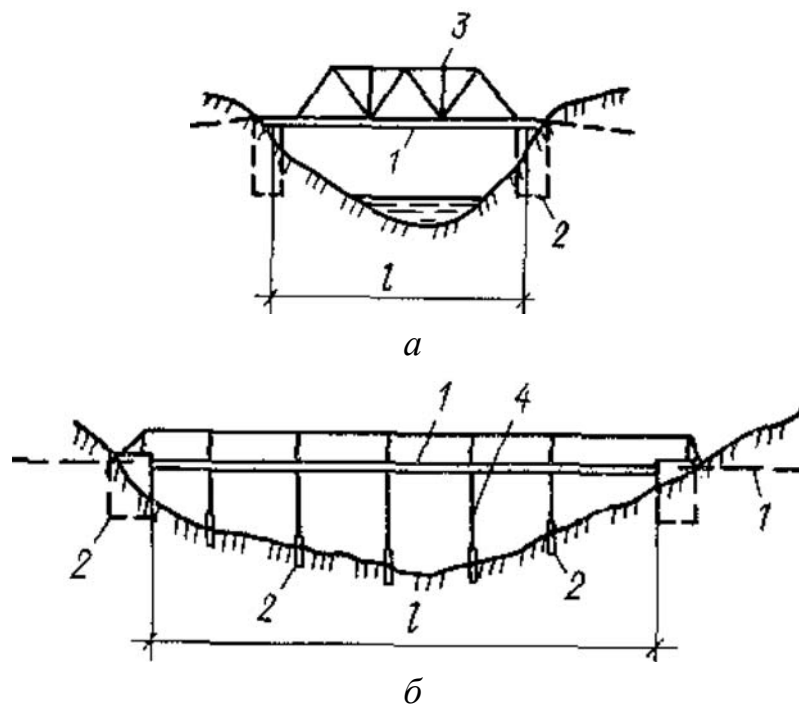


Рис. 5.5. Схеми повітряних переходів газопроводів:

a – по фермах; *б* – по естакадах;

1 – трубопровід; 2 – фундаментні опори; 3 – ферма; 4 – стоек

При перетині газопроводами високого тиску залізничних і трамвайних шляхів мережі слід прокладати в футлярах з труб великого діаметра і мати відповідну трубку з дефлектором і сальником. Глибина переходу повинна бути

не менше 1,5 м. На одному кінці переходу встановлюють контрольну трубку і виводять її під ковер.

5.4. Улаштування внутрішніх систем газопостачання будівель

Внутрішня система газопостачання будівель призначена для безперебійної подачі горючого газу (природного або штучного) від джерела газопостачання (вуличні газопроводи або газобалонні установки) до споживачів.

Внутрішньоквартальною і дворовою мережами газопроводу є розподільні підземні газопроводи, які прокладені на території кварталу, двору від запірного пристрою в будівлю (на групу будівель) або від газорегулювального пункту до окремої будівлі. Газові сталеві труби домових відгалужень приєднують до зовнішніх газопроводів приваркою або сіделками і муфтами.

Внутрішні системи газопостачання з тиском газу 0,005 МПа влаштовують із водогазопровідних сталевих труб, а при тиску газу до 0,3 МПа – з водогазопровідних посилених труб і безшовних гарячекатаних труб. На стояках і вводах встановлюють натяжні газові муфтові пробкові крани 11Б10бк1 умовним діаметром $D_y = 15-20$ мм і 11ч3бк діаметром $D_y = 25-80$ мм. На вводах до будівлі можна встановлювати фланцеві засувки 30ч6бк ($D_y = 30 - 400$ мм), паралельні з висувним шпindelем.

Улаштування систем газопостачання будівель повинно відповідати вимогам ДБН В.2.5-20-2001 Газопостачання [6]. Загальна схема газопостачання будівлі приведена на рис. 5.6.

Як слідує з рисунку, централізована система газопостачання будівлі в загальному випадку складається з газового вводу, розвідних магістралей, стояків, підводок, газових приладів, газових лічильників і арматури.

Газовий ввід в будівлю – це відгалуження підземного газопроводу від зовнішньої розподільної газової мережі для подачі газу до окремих будівель або їх груп. Він охоплює ділянку газопроводу від труби зовнішньої газової мережі до запірного пристрою (газової засувки, пробкового крану, водяного затвору) внутрішньоквартальної або дворової мережі.

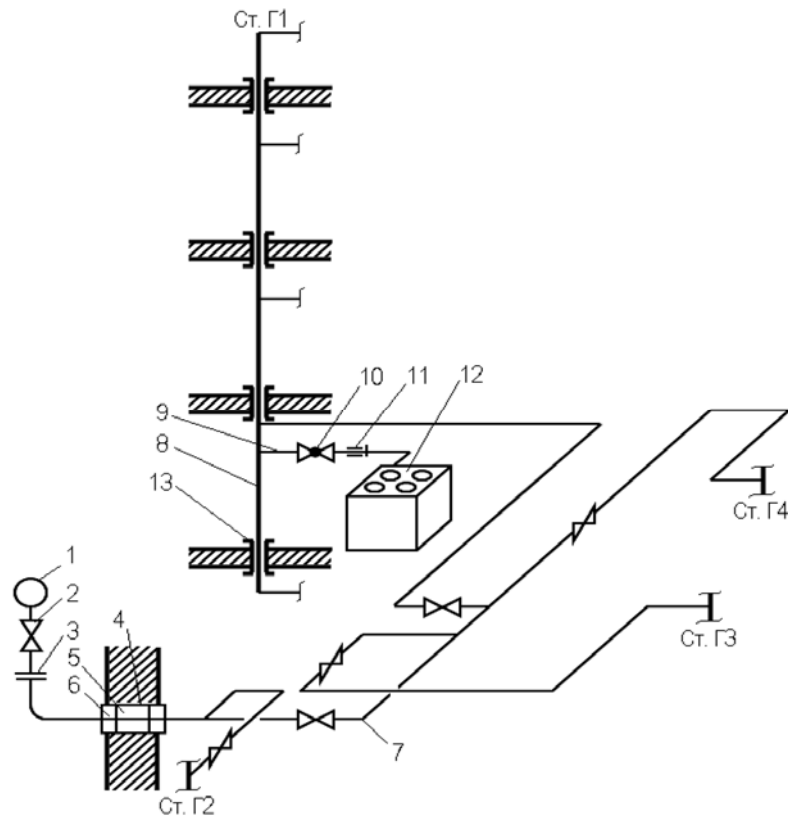


Рис. 5.6. Схема газопостачання будівлі:

- 1 – зовнішній газопровід; 2 – вимикаючий кран (засувка); 3 – ізолюючий фланець; 4 – футляр; 5 – просмолена прядка; 6 – бітум; 7 – розвідна магістраль; 8 – стояк; 9 – підводка до газових приладів; 10 – пробковий кран; 11 – роз’ємне різьбове з’єднання; 12 – газова плита; 13 – гільза

Ввід газопроводів до будівлі прокладають через стіну вище фундаменту від зовнішнього газопроводу, розташованого в ґрунті або на стіні будівлі. Ввід прокладають з похилом не менше 0,003 в бік дворової мережі для відводу конденсату і приєднують до неї за допомогою зварювання. На ввіді газопроводу для вимикання абонента на висоті не більше 1,5 м від рівня ґрунту встановлюють кран або засувку. У місці перетину вводом стіни його розміщують у сталевій трубі, діаметр якої повинен бути не менше ніж на 100 мм більше зовнішнього діаметра трубопроводів вводу. Простір між футляром і будівельною конструкцією щільно заповнюють цементом.

Вводи слід влаштовувати у нежитлових приміщеннях, які доступні для огляду: кухнях, сходових клітках, коридорах. Ввід газопроводу в приміщення, де встановлюються газові прилади, або в підвали будівель допускається за умови, що довжина трубопроводу, що прокладається підвалом, не перевищує 12 м. Зазвичай ввід газопроводу в житлову будівлю розташовують напроти

сходової клітки або кухні та підіймають усередині або зовні будівлі до рівня підлоги першого поверху або прямоку в підлозі. Між дворовим сталевим і внутрішньобудинковим газопроводами обов'язково встановлюють електроізолюючий фланець. Схема газового вводу в будинок приведена на рис. 5.7.

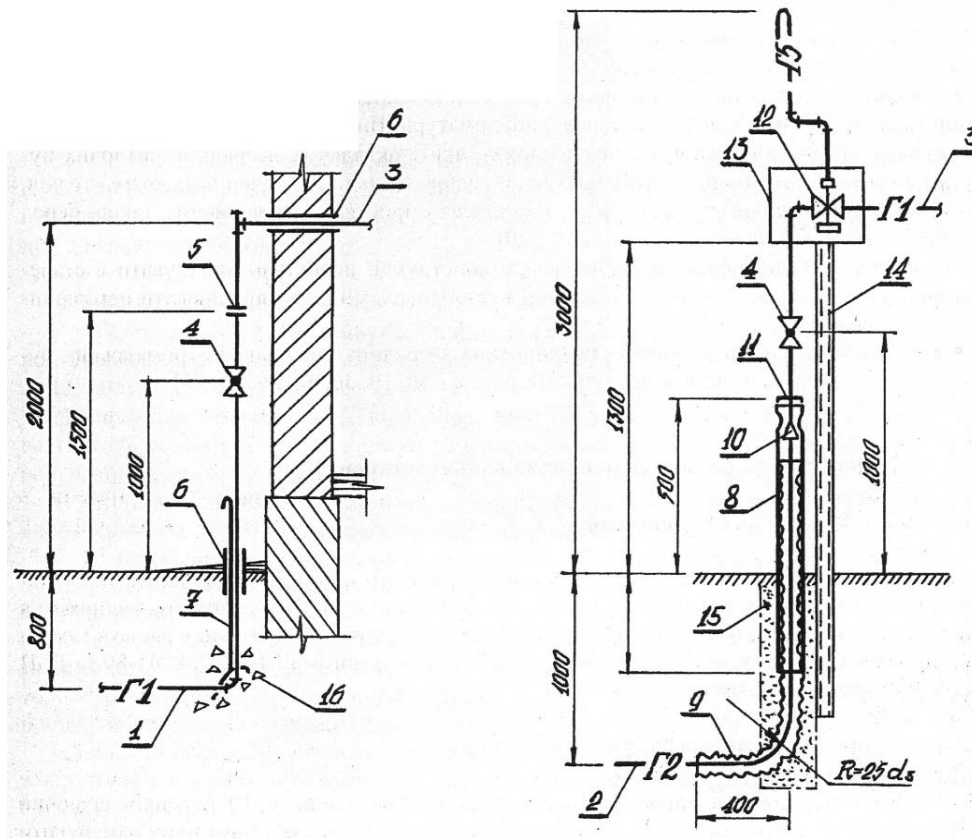


Рис. 5.7. Ввід підземного газопроводу у будинок:

a – сталевий газопровід; *б* – поліетиленовий газопровід;

- 1 – дворовий сталевий газопровід низького тиску; 2 – поліетиленовий газопровід середнього тиску; 3 – газопровід внутрішньобудинковий сталевий (D); 4 – газовий кран; 5 – з'єднання ізолююче фланцеве; 6 – футляр із сталеві труби ($2D$); 7 – контрольна трубка; 8 – футляр сталевий з вентиляційними отворами; 9 – футляр полівінілхлоридний; 10 – перехід «поліетилен-сталь»; 11 – пробка; 12 – регулятор тиску будинковий; 13 – шафа металева; 14 – опора; 15 – пісок; 16 – засипка щебенева

При прокладці **розвідної магістралі** внутрішнього газопроводу по стінах його відстань від стіни повинна бути не менше радіуса труби, але не більше 50 мм для того, щоб забезпечити вільний монтаж, огляд і ремонт газопроводу і арматури, що встановлюється на ньому. Трубопроводи, які прокладаються у борознах і шахтах, не повинні примикати щільно до будівельних конструкцій.

Прихована прокладка дозволяється тільки в комунально-побутових та промислових підприємствах в борознах стін, які закриваються щитами, що легко знімаються і мають отвори для вентиляції.

Переходи стояків через міжповерхові перекриття, поміщають у захисні гільзи із сталевих труб діаметром понад 20 мм від діаметра стояка. Гільзи виводять вище підлоги на 50 мм.

Газопроводи кріплять до будівельних конструкцій: роз'ємними хомутами і гачками при діаметрах труб до 40 мм; на кронштейнах або підвісках – при діаметрі труб більше 40 мм. Кріплення встановлюють на прямих ділянках трубопроводів на відстанях не більше допустимих (від 5 до 13 м в залежності від діаметра труби), в місцях встановлення арматури, поворотів, відгалужень, обходу колон.

Газопроводи, як правило, монтують зварюванням, в місцях встановлення вимикаючих пристроїв, компенсаторів, регуляторів тиску, контрольно-вимірювальних приладів і арматури допускаються різьбові та фланцеві з'єднання. Крани повинні бути забезпечені накидними ключами.

Стояки підключають до розвідних горизонтальних трубопроводів. Стояки кріплять у такий спосіб, що й розвідні трубопроводи, при цьому встановлюють одне кріплення на поверх. Відстань від стояків до будівельних конструкцій така ж сама, як і у розвідних трубопроводів, а вертикальне відхилення стояків повинно бути не більше 2 мм на 1 м трубопроводу.

У основи кожного стояка встановлюють пробковий натяжний кран і згін. Не дозволяється прокладка стояків у житлових приміщеннях, ванних кімнатах, санітарних вузлах. Зазвичай їх розташовують у кухнях, коридорах або сходових клітках.

Підводки до газових приладів монтують аналогічно монтажу розвідних трубопроводів. На початку підводки встановлюють пробковий натяжний кран і згін. Підводку до газових приладів від внутрішньоквартирного розвідного трубопроводу до всіх газових приладів прокладають зверху. Перед кожним газовим приладом на висоті 1,5 м від підлоги встановлюють пробковий кран з обмежувачем, який допускає поворот пробки лише на 90⁰.

Обладнання систем газопостачання

До інженерного обладнання систем газопостачання належать трубопроводи, арматура, газові лічильники, газові прилади, газові плити і газові котли.

Газовими приладами називаються пристрої, які застосовують теплову енергію, яка отримується від спалювання газу для одержання гарячої води для господарських потреб і опалення приміщень.

Газові прилади поділяють на:

- пристрої для приготування їжі – багатогорілочні на підлозі, настільні, туристичні газові плити;
- пристрої для нагріву води – проточні і ємнісні водонагрівачі;
- опалювальні котли з використанням повітря або води в якості теплоносія.

Газові плити використовують для приготування їжі і встановлюють в кухнях висотою не менше 2,2 м, які мають об'єм не менше 6, 12, 15 м³ при встановленні відповідно дво-, три- і чотиригорілочних плит. Плину до підводки приєднують за допомогою згону, кутовика або короткозагнутого відводу через пробковий кран.

Побутові газові плити можуть бути підлогові і настільні. Плити працюють на природному газі з номінальним тиском 1300 і 2000 Па. Горілки застосовують ежекційні.

Газові водонагрівачі застосовують для підігріву води на побутово-господарські потреби. Встановлюють ємнісні і проточні водонагрівачі переважно в кухнях. При встановленні ємнісного водонагрівача в кухні об'єм приміщення повинен бути на 6 м³ більшим за необхідний для встановлення газових плит.

Побутові газові котли – це теплогенеруючі агрегати з тепловою потужністю не більше 100 кВт, температура теплоносія в яких не перевищує 95 °С. Котли за місцем встановлення можуть бути підлогові (стаціонарні) і настінні (навісні). За матеріалом, з якого виготовлений теплообмінник – сталеві та мідні. За типом горілок – з атмосферними і вентиляторними запальниками. За принципом відведення продуктів згоряння – димохідні, парпетні і турбокотли. За кількістю функцій – однофункціональні (застосовуються для підготовки води тільки для опалення) і двофункціональні (застосовуються для опалення і гарячого водопостачання).

Настінні газові котли – пристрої, які ще називають «котельнею в мініатюрі», вони комплексно включають пальник, теплообмінник, циркуляційні насоси, розширювальний бак, вимірювальні прилад та ін. Потужність газових котлів коливається в межах від 12 до 35 кВт. Даний пристрій може обігріти і забезпечити гарячою водою приміщення площею від 50 до 350 м².

Газові конвектори призначені для підігріву повітря і є ефективною альтернативою системам опалення.

5.5. Розрахунок систем газопостачання

Розрахунок газових систем різного призначення умовно можна розділити на дві частини: розрахунок газових навантажень і безпосередній гідравлічний розрахунок трубопроводів.

На основі першого визначаються розрахункові витрати газу на всіх розрахункових ділянках системи. В результаті гідравлічного розрахунку за отриманими витратами газу визначаються необхідні діаметри ділянок трубопроводів і втрати тиску в них. Необхідно відмітити, що методика гідравлічного розрахунку трубопроводів високого і середнього тиску відрізняється від методики розрахунку газопроводів низького тиску.

Розрахунок газових навантажень

Розрахункові річні витрати газу на побутові і комунальні потреби населення визначають у відповідності з нормами його споживання для різних споживачів.

Споживачі газу в населених пунктах поділяються на такі категорії:

– **господарсько-побутові**, які використовують газ у житлових будинках на приготування їжі й підігрів води для господарських потреб;

– **комунально-побутові** – використовують газ на приготування їжі й підігрів води в дитячих закладах, школах, підприємствах громадського харчування, лікарнях, готелях тощо, а також на технологічні процеси в пральнях, лазнях, на хлібозаводах та ін.;

– **промислові** – використовують газ на технологічні потреби підприємств;

– **джерела теплоенергопостачання** – використовують газ на опалення й вентиляцію житлових, громадських і виробничих будинків.

Річні потреби газу на побутові потреби розраховують для кожного мікрорайону за формулою, м³/рік:

$$V_{поб}^p = \frac{q_{поб} \cdot n}{Q_p^н \cdot \eta}, \quad (5.3)$$

де $q_{поб}$ – норма витрати теплоти на одну людину на рік, МДж/(чол.·рік);
 n – кількість мешканців у газифікованих житлових будинках, чол.;

Q_p^H – розрахункова нижча теплота згоряння газу, МДж/м³; η – ККД установок, що використовують газ (газових плит, газових водонагрівачів).

Усі зазначені споживачі використовують газ нерівномірно. Споживання газу змінюється за місяцями року, днями тижня, а також за годинами доби. Тому режим витрати газу населеним пунктом залежить від режиму споживання газу окремими категоріями споживачів та їхньої питомої ваги в загальному споживанні. У більшості випадків теоретично врахувати вплив окремих чинників на нерівномірність споживання газу неможливо, тому, щоб дістати вірогідні результати, користуються статистичними даними за багаторічний період, визначаючи за ними для різних категорій споживачів середню (річну) витрату газу й коефіцієнт нерівномірності газоспоживання (відношення максимальної витрати газу до середньої за певний період).

Годинні витрати газу для всіх видів споживачів розраховують в залежності від річних витрат і коефіцієнта годинного максимуму K_m за залежністю, м³/год:

$$Q_{год} = Q_{рік} \cdot K_m. \quad (5.4)$$

Для житлових мікрорайонів величина коефіцієнта годинного максимуму залежить від кількості мешканців у ньому (від $K_m = 1/2100$ для 5000 мешканців до $K_m = 1/2500$ для 40000 мешканців).

Гідравлічний розрахунок магістральних газопроводів високого і середнього тиску

Перед проведенням розрахунку визначаємо витрати газу всіх споживачів, до яких він подається. Визначаємо магістраль (напрямок трубопроводів, який має найбільшу довжину по якому проходить максимальна витрата газу (від ГРС до кінцевої (диктуючої) точки)).

Розрахунок починають з розподілу мережі на розрахункові ділянки. При цьому розрахунковою ділянкою вважають ділянку газопроводу постійного діаметра по якому проходить постійна витрата газу.

Як відомо, загальні втрати тиску на ділянці складаються з втрат тиску за довжиною і втрат в місцевих опорах. При розрахунку газопроводів високого та середнього тиску величина втрат тиску в місцевих опорах (місця поворотів трубопроводів, місця зміни діаметрів, газова арматура тощо), умовно враховується збільшенням розрахункової довжини трубопроводу газопроводу в порівнянні з його фактичною довжиною на 10 %, що відповідає аналогічному збільшенню втрат тиску за довжиною:

$$l_p = 1,1 \cdot l_\phi, \quad (5.5)$$

де l_ϕ – фактична довжина ділянки, км.

Для кожної ділянки трубопроводу розрахункова витрата газу визначається як сума потреб споживачів, що отримують його при транспортуванні по даній ділянці. Вибір діаметрів здійснюють за допомогою спеціальних номограм для розрахунку газових мереж [6]. Для цього попередньо обчислюють орієнтовне значення коефіцієнта втрат тиску для всієї довжини газової мережі за формулою:

$$a_{сер} = \frac{P_n^2 - P_\kappa^2}{\sum l_p}, \quad (5.6)$$

де P_n – тиск газу на виході з ГРС, атм; P_κ – тиск газу в кінцевій точці мережі, атм; $\sum l_p$ – сума розрахункових довжин ділянок (від ГРС до найвіддаленішого споживача без урахування відгалужень), км.

За допомогою номограми, залежно від витрат газу на ділянках і коефіцієнта $a_{сер}$, встановлюють діаметри газопроводу і дійсне значення коефіцієнта втрат тиску на ділянках $a_{дiл}$.

Тиск газу в кінці кожної ділянки ($P_{\kappa.дiл}$) знаходять в залежності від тиску на вході в ділянку ($P_{n.дiл}$), її довжини і коефіцієнта $a_{дiл}$:

$$P_{\kappa.дiл} = \sqrt{P_{n.дiл}^2 - a_{дiл} \cdot l_p}. \quad (5.7)$$

Початковий тиск на кожній наступній ділянці дорівнює тиску газу в кінці попередньої ділянки. Загальні втрати тиску в магістралі дорівнюють сумі розрахункових втрат тиску на всіх її ділянках $\sum P_p$.

Гідралічний розрахунок зовнішніх газопроводів низького тиску

Газопроводи низького тиску використовують для транспортування газу територією мікрорайонів і для газопостачання окремих споживачів, наприклад, комунально-побутових підприємств. Перед проведенням гідралічного розрахунку газових мереж низького тиску по плану майданчика будівництва також вибирають магістральний напрямок (магістраль) і розрахункові ділянки та їх фактичну довжину l_ϕ , м. Потім визначають умови живлення і розрахункову довжину ділянок мережі. Розміщення будівель мікрорайону з одного боку газопроводу вказує на одностороннє живлення, розрахункова довжина ділянки газопроводу при цьому $l_p = l_\phi/2$. Якщо ж будівлі розміщені з обох боків, то маємо справу з двостороннім живленням, тоді $l_p = l_\phi$.

Для визначення розрахункових погодинних витрат газу на ділянці мережі знаходять питому, шляхову, еквівалентну і транзитну витрати газу. Питому витрату визначають за формулою, м³/год:

$$q_{num} = \frac{Q_{з.б.}}{\sum l_p}, \quad (5.8)$$

де $Q_{з.б.}$ – загальна розрахункова витрата газу, м³/год; $\sum l_p$ – загальна довжина ділянок мережі (з урахуванням місцевих опорів, формула (5.5)), від яких проводиться відбір газу, м.

Шляхова витрата для кожної ділянки мережі буде, м³/год:

$$q_{ш} = q_{num} \cdot l_p. \quad (5.9)$$

Сума шляхових витрат ділянок мережі має дорівнювати витраті газу в ГРП. Еквівалентна витрата, м³/год:

$$q_e = 0,5 \cdot q_{ш}. \quad (5.10)$$

Заміна шляхових витрат еквівалентними пояснюється тим, що на розрахункових ділянках не відомі місця відгалужень до споживачів газу.

Визначивши еквівалентні витрати на всіх ділянках мережі, приймають найбільш імовірний розподіл потоку газу від джерела живлення (ГРП) до найвіддаленішої точки газової мережі. Напрямок потоку газу від ГРП до кінцевої (диктуючої) точки на схемі позначають стрілками.

До встановлення розрахункових витрат знаходять транзитні витрати на ділянках (транзитною витратою на розрахунковій ділянці вважається витрата, яка проходить по даній ділянці не змінюючись і призначена для наступних споживачів).

Розрахунково-погодинні витрати газу на даній ділянці мережі знаходять за формулою, м³/год:

$$Q_p = q_{mp} + 0,5q_{ш} \quad (5.11)$$

або
$$Q_p = q_{mp} + q_e. \quad (5.12)$$

Визначаємо середні питомі втрати тиску від ГРП до диктуючої точки зі співвідношення, мм вод. ст.:

$$\Delta P_{сер} = \frac{\Delta P}{1,1 \cdot \sum l_{p.м}}, \quad (5.13)$$

де ΔP – втрати тиску в розподільних газопроводах від ГРП до диктуючої точки (в магістралі) (за ДБН В.2.5-20-2001, $\Delta P = 120$ мм вод. ст. = 1200 Па); $\sum l_{p.м}$ – розрахункова довжина магістралі, м; 1,1 – коефіцієнт, який враховує вплив місцевих опорів.

За знайденими значеннями розрахункових витрат і середньою втратою тиску $\Delta P_{сер}$, користуючись номограмою [6], визначають діаметри газопроводів і фактичні втрати тиску за довжиною на всіх ділянках магістральної газової мережі низького тиску $\Delta P_{ф.ліл}$.

Фактичні сумарні втрати тиску за довжиною в магістралі будуть:

$$\Delta P_{\phi} = \sum \Delta P_{\phi.діл}. \quad (5.14)$$

Розрахунок магістралі вважається закінченим при виконанні умови:

$$\left| \frac{\Delta P - \Delta P_{\phi}}{\Delta P} \cdot 100 \right| = \left| \frac{1200 - \Delta P_{\phi}}{1200} \cdot 100 \right| \leq \pm 10\%. \quad (5.15)$$

Втрати тиску в місцевих опорах Z (повороти, арматура та ін.) за величиною приймаються розмірі 10 % від величини лінійних втрат.

Після розрахунку магістралі виконують розрахунок трубопроводів відгалужень від магістралі. При цьому приймається, що втрати тиску у відгалуженні повинні дорівнювати втратам тиску в магістралі, відраховуючи від її кінця до місця приєднання даного відгалуження ΔP_l . За номограмою за величиною втрат тиску ΔP_l і довжиною відгалуження $l_{ф.від}$ підбираємо діаметр трубопроводу відповідної ділянки відгалуження і втрати тиску в ньому $\Delta P_{ф.від}$.

Розрахунок вважається закінченим при виконанні умови:

$$\left(\frac{\Delta P_l - \Delta P_{ф.від}}{\Delta P_l} \right) \cdot 100 \leq |\pm 10\%|. \quad (5.16)$$

У випадку невиконання умови (5.16), необхідно змінити діаметр газопроводу на відповідній ділянці газопроводу.

Розрахунок внутрішніх систем газопостачання будівель

Порядок розрахунку наступний:

- за планами поверхів складаємо аксонометричну схему системи трубопроводів внутрішнього газопроводу;
- визначаємо магістральний напрямок (магістраль);
- розбиваємо мережу газопроводів на розрахункові ділянки;
- визначаємо розрахункову довжину кожної ділянки (l_p) і загальну довжину труб всієї магістралі ($\sum l_p$);
- знаходимо розрахункову витрату газу на всіх ділянках і у всій будівлі в цілому за формулою:

$$Q_d^h = \sum_{i=1}^m k_{sim} \cdot q_{ном} \cdot n_i, \quad (5.17)$$

де $\sum_{i=1}^m$ – сума добутоків величин; m – кількість приладів; k_{sim} – коефіцієнт одночасності дії для однотипних приладів; $q_{ном}$ – номінальна витрата газу приладом, м³/год.; n_i – кількість однотипних приладів.

Визначаємо середній перепад тиску в будівлі до найвіддаленішого газового приладу до вводу, мм вод. ст.:

$$\Delta P_{сер} = \frac{\Delta P}{\sum l_p}, \quad (5.18)$$

де $\Delta P = 30$ мм вод. ст. – розрахунковий перепад тисків у внутрішніх газопроводах. $\sum l_p$ – довжина всіх розрахункових ділянок від вводу до найвіддаленого приладу (магістралі), м.

За відомими значеннями витрат газу на кожній ділянці мережі і середнім перепадом тисків $\Delta P_{сер}$ за номограмою [6], аналогічно до розрахунку розподільних зовнішніх газопроводів низького тиску, визначають діаметри d_i , фактичні питомі втрати тиску ΔP_{num} ділянок мережі. Лінійні втрати тиску на ділянках знаходять аналогічно розрахунку зовнішніх газопроводів низького тиску.

Місцеві опори на ділянках Z_{dil} визначають, як величини, пропорційні втратам тиску на прямолінійних ділянках газопроводів. Так для вводу в будівлю місцевий опір дорівнює 25 % від лінійних втрат на вводі, на стояках – 20 %, на внутрішньовартальному розведенні при його довжині 1–2 м – 450 %, 3–4 м – 200 %, 5–7 м – 120 % і 8–12 м – 50 %.

Розрахунок внутрішніх газопроводів вважається закінченим, якщо сума лінійних і місцевих опорів від місця вводу до найвіддаленішого газового приладу дорівнює величині ΔP (розбіжність не повинна перевищувати ± 10 %).

Якщо умова (5.19) не виконується, треба на одній з розрахункових ділянок внутрішнього газопроводу змінити діаметр труби.

$$\left| \frac{\Delta P - \sum (\Delta P_{сер} \cdot l_p + Z)}{\Delta P} \right| \cdot 100 \leq \pm 10\%. \quad (5.19)$$

Питання для самоперевірки

1. Які гази належать до природних?
2. Що таке теплотвірна здатність газу?
3. Наведіть схему магістрального газопроводу.
4. Наведіть класифікацію систем газопостачання за величиною тиску.

5. Які функції виконують газорозподільні станції, газорозподільні пункти і газорозподільні установки?
6. Наведіть схему газового вводу в будинок.
7. Наведіть схему газопостачання будинку.
8. Для чого застосовуються газгольдери?
9. Наведіть схему колодязя для встановлення газової арматури.
10. З яких труб прокладаються зовнішні і внутрішні газопроводи?
11. Наведіть схему повітряного переходу газопроводу через перешкоди.
12. Назвіть основні типи газових приладів.
13. Наведіть методику гідравлічного розрахунку зовнішніх газопроводів високого тиску.
14. Наведіть методику гідравлічного розрахунку зовнішніх газопроводів низького тиску.
15. Наведіть методику гідравлічного розрахунку внутрішнього газопроводу.

РОЗДІЛ 6

ВЕНТИЛЯЦІЯ ТА КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ

6.1 Загальні положення

Під **вентиляцією і кондиціонуванням** розуміють сукупність заходів, пристроїв і обладнання, які забезпечують необхідну температуру і якість повітря та розрахунковий повітрообмін у житлових, громадських та промислових приміщеннях з метою дотримання санітарно-гігієнічних і технологічних вимог для перебування персоналу.

Термін «**вентиляція**» має латинське походження, *ventilatio*, і в перекладі означає «привітрювання». Термін «**кондиціонування**» походить від латинського слова *conditio*, що означає «умова».

Основним завданням вентиляції і кондиціонування повітря є створення і забезпечення нормованих параметрів повітряного середовища, як зовнішнього так і всередині будівель, тобто створення і підтримання заданого повітряного режиму.

Повітряним режимом будівлі називають процеси повітрообміну між зовнішнім і внутрішнім повітрям, а також між всіма його приміщеннями. Ці процеси формуються під дією природніх сил і вентиляційних систем.

Природніми силами, які викликають рух повітря, є гравітаційний і вітровий тиск.

6.2. Основні характеристики атмосферного повітря

Як відомо, сухе повітря поблизу Землі містить 78,09% азоту, 20,95% кисню, 0,95% аргону, 0,03% вуглекислого газу. На долю інших газів (водень, гелій, неон, метан і ін.) приходить всього 0,01%. Співвідношення кількості цих компонентів в атмосферному повітрі стабільне. Окрім цього, в атмосферному повітрі завжди існує деяка кількість водяних парів, яка може змінюватись в достатньо широких межах. Суміш сухого газу з водяною парою називається **вологим газом** або **вологим повітрям**.

В загальному випадку повітря може складатись з суміші декількох газів. Відношення маси даного конкретного газу M_i до загального об'єму суміші W називається концентрацією c_i даного газу в суміші (кг/м³):

$$c_i = \frac{M_i}{W}. \quad (6.1)$$

Суміш сухого повітря з перегрітою водяною парою називають **ненасиченим вологим повітрям**, а суміш сухого повітря і насиченої пари – **насиченим вологим повітрям**.

Величина, яка характеризує вологість повітря і показує, наскільки пара, що знаходиться в повітрі, далека від насичення, називається відносною вологістю повітря φ . Остання показує виражену у відсотках долю, яку складає густина пари ρ , що міститься у повітрі, від густини насиченої пари $\rho_{нас}$ для тої ж температури. Або можна сказати, що відносна вологість φ , %, пароводяної суміші являє собою відношення концентрації водяної пари ненасиченого повітря до концентрації водяної пари насиченого повітря при однакових температурі і тиску:

$$\varphi = \frac{c_n}{c_{н.п}} 100, \quad (6.2)$$

де c_n і $c_{н.п}$ – відповідно, концентрація водяної пари ненасиченого і насиченого повітря, кг/м³.

В системах вентиляції і кондиціонування зазвичай застосовується вологе повітря або пароповітряна суміш.

Абсолютною вологістю D повітря називається маса водяної пари, яка міститься в 1 м³ вологого повітря, кг/м³.

Для гарного стану людини і нормального проходження багатьох технологічних процесів необхідно, щоб в повітрі знаходилась оптимальна кількість водяної пари. Якщо в повітрі знаходиться мало водяної пари, це викликає у людини відчуття сухості в роті. Якщо ж водяної пари забагато (повітря майже насичене вологою), тоді при найменшому зниженні температури настає конденсація пари.

Для насиченого повітря $\varphi = 100$ %. Відносна вологість повітря в приміщеннях нормується. Розрахунковими параметрами повітряного середовища в приміщенні при проектуванні вентиляції є параметри повітря, які визначають комфортні умови. Найбільша температура для теплого періоду року приймається рівною 28 °С. Відносна вологість повинна знаходитись в межах 30–60 %, причому великі значення відповідають меншим температурам.

Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин в повітрі

В залежності від технології виробництва, місцевих умов або з інших причин в зоні перебування людини може створюватись певна концентрація шкідливих речовин, яка небезпечна для здоров'я людини.

Діючі санітарні норми розрізняють **оптимальні параметри** у приміщеннях, які мають бути забезпечені автоматичним регулюванням вентиляційних систем, та **допустимі параметри**, які мають бути забезпечені вентиляційними системами без автоматичного регулювання.

Оптимальні параметри повітря являють собою сукупність найбільш сприятливих умов для найкращого самопочуття людини, умов для правильного протікання технологічних процесів, збереження цінностей культури. Оптимальні параметри повітря забезпечують збереження та підтримання нормального і функціонального теплового стану організму людини без напруження реакції терморегулювання, відчуття теплового комфорту і високого рівня працездатності.

Допустимі параметри являють собою поєднання параметрів повітря, яке при тривалій і систематичній дії на людину може викликати короточасні, але швидко нормалізовані зміни функціонального і теплового стану організму, що не виходять за межі фізіологічних можливостей людини. При цьому не виникають порушення стану здоров'я, але можуть спостерігатися дискомфортні тепловідчуття, погіршення самопочуття і зниження працездатності.

Оцінка якісного санітарного стану повітря приміщення зазвичай здійснюється в спеціально визначеній зоні, яка називається **робочою зоною приміщення**, що являє собою умовний об'єм приміщення, обмежений площиною підлоги, зовнішніми та внутрішніми огорожами та умовною площиною на рівні двох метрів.

Для кількісної характеристики вмісту граничних значень шкідливих параметрів в навколишньому середовищі в санітарних нормах введено поняття **гранично допустимих концентрацій (ГДК)**.

ГДК – це державний гігієнічний норматив для використання при проєктуванні виробничих будівель, технологічних процесів, обладнання, вентиляції, для контролю за якістю виробничого середовища і профілактики шкідливості його впливу на здоров'я людини.

Під ГДК мається на увазі вміст в повітрі такої кількості шкідливих речовин, який при щоденній дії протягом необмеженого часу на людину не викликає в його організмі яких-небудь патологічних змін або захворювань.

У відповідності з діючими нормативами всі шкідливі речовини за ступенем впливу на організм людини розділяються на чотири класи небезпечності:

перший – надзвичайно небезпечні – ГДК менше 0,1 мг/м³ (свинець, ртуть – 0,001 мг/м³);

другий – високонебезпечні – ГДК від 0,1 до 1 мг/м³ (хлор – 0,1 мг/м³; сірчана кислота – 1 мг/м³);

третій – помірно небезпечні – ГДК від 1 до 10 мг/м³ (спирт метиловий – 5 мг/м³; дихлоретан – 10 мг/м³);

четвертий – малонебезпечні – ГДК більше 10 мг/м³ (аміак – 20 мг/м³; ацетон – 200 мг/м³; бензин, керосин – 300 мг/м³; спирт етиловий – 1000 мг/м³).

За характером впливу на організм людини шкідливі речовини можливо розділити на **подразнюючі** (хлор, аміак), **задушливі** (оксид вуглецю, сірководень), **наркотичні** (ацетон, ацетилен), **соматичні**, які викликають порушення діяльності організму (свинець, миш'як).

При одночасному вмісті в повітрі кількох шкідливих речовин однонаправленої дії сума відношень фактичних концентрацій кожного з них в повітрі (K_1, K_2, \dots, K_n) до їх ГДК (ГДК₁, ГДК₂, ... ГДК_n) не повинна перевищувати одиницю:

$$\frac{K_1}{ГДК_1} + \frac{K_2}{ГДК_2} + \dots + \frac{K_n}{ГДК_n} \leq 1. \quad (6.3)$$

При одночасному знаходженні в повітрі приміщення кількох шкідливих речовин, які не мають однонаправленого характеру дії, кількість повітря при розрахунку загальнообмінної вентиляції належить приймати по тій шкідливій речовині, для якої необхідна подача найбільшого об'єму чистого повітря.

В даний час встановлені гранично допустимі концентрації в повітрі робочої зони більше ніж 850 речовин.

6.3. Вентиляція будівель

Загальні відомості

Як вже вказувалось, головним завданням вентиляції є боротьба з шкідливими для здоров'я людини факторами. До основних факторів можна віднести: надлишкове тепло, в тому числі і променисте; надлишкові водяні пари – волога; гази і пари хімічних речовин; радіоактивні речовини та ін.

Таким чином, вентиляція повинна забезпечувати виконання наступних основних вимог:

- **санітарно-гігієнічні**, які полягають у створенні та підтримуванні в приміщеннях стану повітряного середовища, який задовольняє вимогам санітарних та будівельних норм, зокрема гранично-допустимих концентрацій (ГДК) газоподібних шкідливих домішок;

- **технологічні вимоги** – вирішують проблеми забезпечення чистоти, відносної вологості та швидкості руху повітря в приміщеннях.

Джерелами утворення шкідливих факторів можуть слугувати наступні чинники.

Надлишкове тепло. Може виникати як при роботі різних машин і механізмів (виробничі цехи), так і за рахунок тепловиділення від людей, які знаходяться в приміщеннях.

Надлишкові водяні пари – волога. Може виникнути в приміщеннях громадських будівель, якщо в них перебуває велика кількість людей, а також у виробничих цехах. Підвищена вологість повітря при низькій температурі викликає охолодження організму.

Гази і пари. У виробничих цехах промислових підприємств повітря забруднюється головним чином парами і газами, які утворюються при протіканні виробничих процесів. Ці гази, як правило, шкідливі для організму людини.

Пил і мікроорганізми. Шкідливим для організму людини вважається повітря, якщо в його 1 м³ міститься більше 4500 мікроорганізмів. Пил, в залежності від його походження, також може мати різну ступінь шкідливості для людини.

Класифікація систем вентиляції

Окрім виконання санітарно-гігієнічних і технологічних вимог системи вентиляції повинні вирішувати і інші задачі. В зв'язку з цим вони класифікуються за наступними ознаками:

1. За призначенням:

- припливні, які подають повітря у приміщення;
- витяжні – відводять відпрацьоване (забруднене) повітря з приміщень;
- загальнообмінні, коли вентилується все приміщення в цілому;
- місцеві, коли видаляється повітря безпосередньо від обладнання (джерела шкідливих виділень) або подається повітря в певну частину приміщення або до певного обладнання.

2. За способом спонукання:

- системи з природним спонуканням, тобто з використанням природних сил – сил вітру і гравітації;

- системи з механічним спонуканням, тобто з використанням вентиляторів, ежекторів тощо.

При цьому розглянуті системи можуть бути каналними, тобто при вентиляції приміщень через розгалужену мережу каналів чи повітропроводів, або безканалними – при використанні для вентиляції приміщень прорізів у зовнішніх огородженнях.

3. За конструктивними особливостями:

- системи повинні мати мінімальні розміри і масу;
- мати ув'язку з елементами будівельних конструкцій;
- індустріальність і простоту монтажу;
- бути пожежобезпечними.

4. За експлуатаційними вимогами:

- зручність і простота в обслуговуванні;
- можливість індивідуального регулювання;
- мати максимальну автоматизацію роботи системи.

Характеристика систем вентиляції

Припливно-витяжною називається система вентиляції, що здійснює для певного приміщення приплив та видалення повітря, причому обсяги припливу й витяжки певним чином балансуються між собою.

Можлива самостійна робота на приміщення припливної або витяжної системи. При цьому, відповідно, видалення повітря здійснюється природною вентиляцією через витяжні канали або нещільності огорожень, а приплив – через нещільності огорожень.

Загальнообмінна вентиляція передбачає видалення повітря з усього приміщення.

Місцева припливна вентиляція (душування) призначена для видалення шкідливостей в місцях їх найбільших концентрацій.

Природна вентиляція, тобто вентиляція без вентиляторів, може бути припливною і витяжною.

Припливна природна вентиляція може здійснюватись під дією тепловиділень у приміщенні й вітрового тиску зовнішнього повітря.

Витяжна природна канална вентиляція застосовується в житлових, громадських та адміністративно-побутових будівлях для видалення забрудненого повітря.

При природній вентиляції повітрообмін здійснюється за рахунок різниці густини зовнішнього і внутрішнього повітря, а також дії вітру.

Різниця густини повітря зумовлена різницею його температур, а дія вітру на огороження будівель створює надлишковий тиск на навітряному боці будівлі, що дозволяє повітрю проникати всередину будівлі через вентиляційні отвори (фрамуги) або нещільності огороження.

Аерацією називається регульований повітрообмін при природній вентиляції. Аерація, що здійснюється під дією різниці густини повітря, можлива в будівлях будь-якого призначення.

Аерацію застосовують, як правило, в цехах зі значними тепловиділеннями, якщо концентрація пилу і шкідливих газів у припливному повітрі не перевищує 30 % ГДК робочої зони. До недоліків аерації слід віднести відсутність можливості надійного регулювання температури за площею робочої зони, а також при аерації будівель неможливо застосовувати попереднє очищення повітря від пилу.

Аерація, що здійснюється під дією вітрового тиску, менш ефективна ніж аерація при надлишках теплоти. Це пов'язано зі змінністю з часом швидкості і напрямку руху навколишнього повітря.

6.4. Визначення необхідного повітрообміну

Повітрообміном називається часткова або повна заміна повітря, яке містить шкідливі виділення, чистим атмосферним повітрям. Для визначення необхідного повітрообміну повинні бути відомі наступні вихідні дані: кількість шкідливих виділень в приміщенні (тепла, вологи, газів і парів) за 1 годину; допустима кількість шкідливих речовин в 1 м³ повітря приміщення; кількість шкідливих виділень, які містяться в 1 м³ повітря, що подається в приміщення.

На основі даних про кількість шкідливостей, що виділяються в приміщення, визначається **розрахунковий повітрообмін**, який відповідає максимальному (найбільшому) значенню необхідної продуктивності витяжної вентиляції. Даний повітрообмін беруть за основу в розрахунках систем вентиляції.

Рівняння балансу повітря в приміщенні має вигляд:

$$G_n + \sum_{i=1}^n G_{ni} + G_{yx} - \sum_{j=1}^m G_{yx,j} = 0, \quad (6.4)$$

де G_n – кількість повітря загальнообмінної приточної вентиляції; G_{yx} – кількість повітря загальнообмінної витяжної вентиляції; $\sum_{i=1}^n G_{ni}$ і $\sum_{j=1}^m G_{yx,j}$ – витрати приточних і витяжних пристроїв від місцевих витяжок.

Повітрообмін може розраховуватись за шкідливостями або за кратністю.

Кількість повітря, яке подається або видаляється за 1 годину з приміщення (L), віднесена до його внутрішньої кубатури (W_n) називається **кратністю повітрообміну**. При цьому знаком «+» позначається повітрообмін по притоку, а знаком «-» – по витяжці, тобто:

$$\pm K_p = \frac{L}{W_n}. \quad (6.5)$$

Інакше кажучи, кратність повітрообміну показує скільки разів за одну годину змінюється повітря в приміщенні.

З залежності (6.5) визначають об'ємну витрату повітря при притоці або витяжці при загальнообмінній вентиляції, м³/год:

$$L = K_p \cdot W_n. \quad (6.6)$$

Тоді масова витрата повітря буде, кг/с:

$$L = (K_p \cdot W_n / 3600) \rho. \quad (6.7)$$

Значення K_p для приміщень різного призначення наводяться в будівельних нормах. Наприклад, для кухонь мінімальна кількість повітря, що видаляється становить: для кухонь з електроплитами та з газовими 2-х конфорочними плитами – не менше 60 м³/год.; з 4-х конфорочними плитами – не менше 90 м³/год.; для ванних кімнат та санвузлів – 25 м³/год. Для житлових кімнат рекомендована кратність 0,5 – 1,0. Вважається, що при кратності повітрообміну менше 0,5 людина починає відчувати себе некомфортно.

Для деяких приміщень повітрообмін, м³/год, може бути визначений за нормованою витратою повітря за формулою:

$$L = K_n \cdot N, \quad (6.8)$$

де K_n – нормована витрата повітря, м³/год, на одну людину або одиницю обладнання; N – кількість людей або обладнання.

Мінімальна витрата припливного повітря на одну людину складає 20 м³/год; для працюючих людей в офісі – 40 м³/год; для людей, що виконують фізичну роботу – 60 м³/год. У приміщеннях спортивних залів: на одного спортсмена – 80 м³/год і 20 м³/год на одного глядача. Для магазинів: 30 м³/год на одного покупця і 60 м³/год на одного працівника.

При наявності в приміщенні різного роду шкідливих виділень необхідний повітрообмін визначається за наступними формулами:

– при видаленні газу

$$L_G = \psi \frac{G}{b_{вид} - b_{np}}; \quad (6.9)$$

– при виділеннях вологи (водяних парів)

$$L_D = \psi \frac{D}{(d_e - d_s) \cdot \rho}; \quad (6.10)$$

– при виділенні тепла

$$L_Q = \psi \frac{3,6 \cdot Q}{c \cdot \rho \cdot (t_{вид} - t_{np})}, \quad (6.11)$$

де L – необхідний повітрообмін, м³/год; W_n – об'єм приміщення, м³; K_p – кратність повітрообміну; G – виділення газу в приміщенні, л/год; $b_{вид}$ – гранично допустима концентрація газу в повітрі, що видаляється, л/м³; b_{np} – концентрація того ж газу в приточному повітрі, л/м³; D – виділення вологи (водяних парів) в приміщенні, г/год; $d_{вид}$ і d_{np} – вологовміст в повітрі, що видаляється, і в приточному повітрі, г/кг; ρ – густина повітря, кг/м³; Q – виділення тепла в приміщенні, Вт; c – теплоємність повітря, яка дорівнює 0,24 ккал/(кг·°C); $t_{вид}$ і t_{np} – температура повітря, що видаляється, і в приточному повітрі, °C; ψ – коефіцієнт нерівномірності розподілу даної шкідливої речовини в об'ємі приміщення; 3,6 – коефіцієнт переведення одиниць Вт в кДж/год.

Необхідний повітрообмін на одну людину, наприклад, для умов Києва, визначений за формулою (6.11), при літньому температурному перепаді 3°C має бути 87 м³/год.

При виділенні в приміщенні кількох видів інертних газів (СО₂ тощо) необхідний повітрообмін визначають за формулою (6.9) для кожного газу окремо і приймають більше значення.

У випадку виділення кількох токсичних газів, парів розчинників (ацетону, спиртів, ефірів тощо) приймають суму вентиляційних повітрообмінів, для кожного газу роздільно.

Визначено, що надходження вуглекислого газу від однієї людини складає, л/год: при важкій фізичній роботі – 45; при роботі середньої важкості – 35; при легкій роботі – 25; при розумовій роботі (ВНЗ, установи) – 23. Встановлено, що в звичайних умовах в стані спокою людина споживає біля 19

літрів кисню за годину і виділяє біля 16 літрів вуглекислого газу, 40–41 г вологи, 300–1000 кДж тепла.

Збільшення повітрообміну підвищує працездатність і фізичний стан людини. При зменшенні температури для забезпечення комфортних умов перебування людини кратність повітрообміну зменшується.

Вважається, що основними шкідливостями, які надходять до приміщень у громадських будівлях, є волога і теплота. Оскільки максимальна кількість теплоти і вологи надходить у приміщення у теплий період, то він є розрахунковим для визначення необхідного повітрообміну і підбору відповідного обладнання.

Основними джерелами надходження тепла і вологи в приміщення є:

- огорожувальні конструкції приміщень;
- світлові отвори;
- технологічне обладнання;
- вироби та матеріали привнесені ззовні у приміщення;
- люди, які в даний час знаходяться в цьому приміщенні.

Розрахункові параметри зовнішнього повітря

На характеристики системи вентиляції поряд з вимогами до внутрішнього повітряного простору приміщень важливий вплив також мають параметри зовнішнього повітря. Вони залежать від кліматичного району, в якому розташований даний об'єкт, а також від пори року.

При проектуванні систем вентиляції і кондиціонування повітря розрахункова температура зовнішнього повітря у районі будівництва приймається у відповідності з діючими нормами [5]:

- у холодний період року – температура зовнішнього повітря для найхолоднішої п'ятиденки забезпеченістю 0,92;
- у теплий період року – температура зовнішнього повітря для найспекотнішої п'ятиденки забезпеченістю 0,99.

6.5. Гідравлічний розрахунок і обладнання систем вентиляції

Гідравлічний розрахунок системи вентиляції при відомих витратах повітря полягає у визначенні розмірів вентиляційних каналів, втрат тиску в них і підборі необхідного технологічного обладнання.

Існує дві задачі аеродинамічного розрахунку повітропроводів:

– **пряма**, в результаті розв’язання якої при заданих витратах повітря визначають діаметри круглих та поперечні перерізи прямокутних повітропроводів і втрати тиску в системі;

– **обернена**, в результаті розв’язання якої при відомих геометричних розмірах повітропроводів заданої системи визначають можливі витрати повітря на окремих ділянках і у системі в цілому.

Необхідно зазначити, що **пряма задача аеродинамічного розрахунку** повітропроводів розв’язується на стадії проектування вентиляційних систем, а **обернена** – при пусконаладжувальних роботах змонтованих систем, а також при реконструкції та розширенні існуючих систем.

Як вже вказувалось, за способом спонукання системи вентиляції поділяються на: системи з природним спонуканням, тобто з використанням сил гравітації та вітру (схема системи приведена на рис. 6.1); системи з механічним спонуканням, тобто з використанням вентиляторів, ежекторів тощо (схема системи приведена на рис. 6.2).

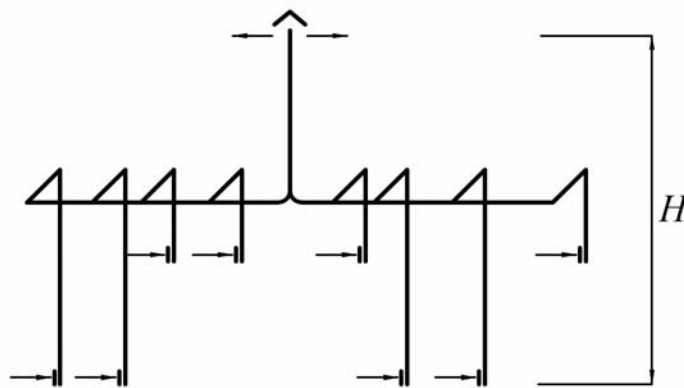


Рис. 6.1. Схема гравітаційної системи вентиляції

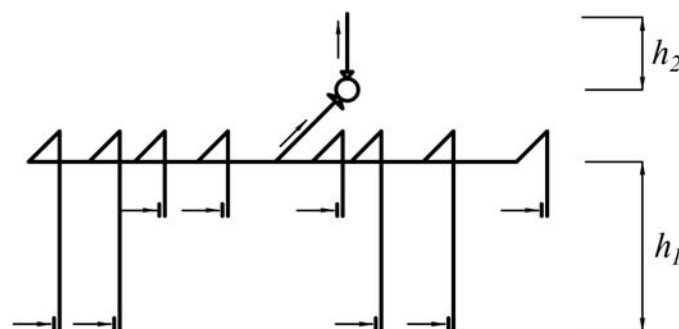


Рис. 6.2. Схема системи вентиляції з механічним спонуканням

Методика гідравлічного (аеродинамічного) розрахунку повітропроводів аналогічна методиці розрахунку трубопроводів систем опалення.

Розрахунковий гравітаційний перепад тисків (Δp_{gp} , Па) знаходиться за формулою:

$$\Delta p_p = \Delta p_{gp} = gH(\rho_z - \rho_{вн}), \quad (6.12)$$

де H – висота повітряного стовпа, яка приймається від центра витяжного отвору до виходу витяжної шахти, м; ρ_z і $\rho_{вн}$ – відповідно, густина зовнішнього і внутрішнього повітря, кг/м³.

Гравітаційний тиск виникає внаслідок різниці густини повітря всередині приміщення і зовні, яка в свою чергу, зумовлюється різницею температур повітря в приміщенні і ззовні. Якщо температура повітря в приміщенні вище температури зовнішнього повітря, то за рахунок різниці густин повітря створюється різниця тисків.

З метою покращення роботи витяжної природної вентиляції встановлюють **дефлектор**. Він являє собою насадок, що встановлюється в гирлі повітропроводу чи шахти або безпосередньо над вихідним отвором покриття, суміщеного з перекриттям промислової будівлі. Робота дефлектора полягає у використанні енергії потоку повітря. Під час набігання вітрового потоку на дефлектор у лобовій його частині (приблизно 2/7 периметра) утворюється зона надлишкового тиску, а в тильній частині – зона розрідження, завдяки чому збільшується ефект видалення повітря із приміщення. Схему дефлектора типу ЦАГИ зображено на рис. 6.3.

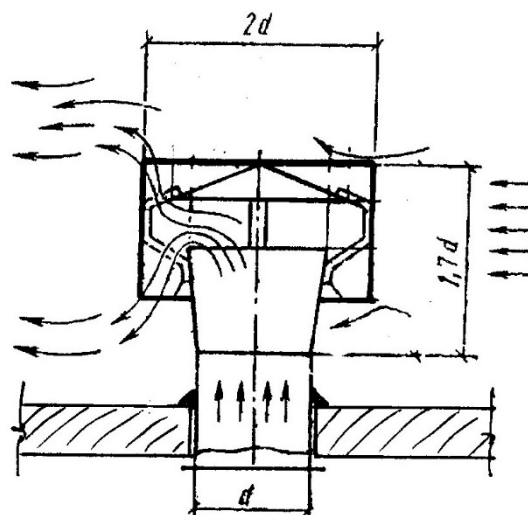


Рис. 6.3. Схема дефлектора

Для вентиляції житлових і громадських будівель застосовують каналні гравітаційні системи природної вентиляції. У таких системах повітря

видаляється з приміщення по спеціальних каналах під дією гравітаційного тиску. Компенсація видаленого повітря здійснюється зовнішнім повітрям, яке надходить в приміщення через нещільності або отвори в огороженнях. Гравітаційні каналні системи природної вентиляції широко застосовуються завдяки простоті їх конструкції, незначним капітальним витратам по їх зведенню і експлуатаційним витратам. Проте залежність повітрообміну від параметрів зовнішнього повітря не дозволяє за допомогою цих систем забезпечувати строго задані параметри повітря в приміщеннях. Крім того, радіус дії гравітаційних каналних систем через обмеженість гравітаційного тиску невеликий.

Найбільш простими системами повітрообміну є вентиляція приміщень в житлових будівлях, гуртожитках і готелях. За існуючими нормами в цих будівлях влаштовують витяжну вентиляцію з верхньої зони кухонь, санітарних вузлів, ванних і душових кімнат, а в деяких випадках і житлових кімнат. Припливне повітря надходить неорганізовано через квартирки і нещільності в огороженнях. Регулювання вентиляції і збільшення повітрообміну здійснюють відкриттям вікон.

Швидкості руху повітря в припливних та витяжних пристроях рекомендується брати: для витяжних решіток механічної вентиляції – в межах 1,5–3,0 м/с, природної вентиляції – 0,5–1,0 м/с, для припливних решіток механічної вентиляції біля стелі – 1,0–3,0 м/с, біля підлоги – 0,2–0,5 м/с.

На відміну від природної вентиляції в системах механічної вентиляції переміщення і подачі повітря на значні відстані в заданих об'ємах з необхідними швидкостями здійснюється за допомогою вентиляторів. Кількість повітря, що подається і видаляється з приміщень, не залежить від стану зовнішнього повітря.

Для транспортування повітря в системах вентиляції з механічним спонуканням використовуються радіальні, осьові та покрівельні вентилятори.

При використанні вентиляторів розрахунковий перепад тисків складе:

$$\Delta p_p = \Delta p_{\text{вент}} + \Delta p_{\text{гр}}, \quad (6.13)$$

де $\Delta p_{\text{вент}}$ – перепад тисків створюваний вентилятором, Па.

Площу поперечного перерізу повітропроводу (м^2) визначають за формулою:

$$f_{\text{нв}} = \frac{1,1 \cdot L}{\rho_{\text{нв}} V}, \quad (6.14)$$

де L – масова витрата повітря, кг/с (одержана з розрахунків повітрообміну); $\rho_{\text{пов}}$ – густина повітря, кг/м³; V – швидкість руху повітря, м/с; 1,1 – коефіцієнт запасу.

Дійсні втрати тиску при русі повітря у повітропроводах складаються із втрат за довжиною (p_l , Па) і втрат в місцевих опорах (p_m , Па):

$$p_d = p_l + p_m. \quad (6.15)$$

Втрати тиску за довжиною розраховуються за залежністю:

$$p_l = \lambda \frac{l}{d_e} \frac{\rho V^2}{2} = Rl\beta_{\text{ш}}, \quad (6.16)$$

де R – питомі втрати тиску, Па/м; $\beta_{\text{ш}}$ – коефіцієнт, який враховує шорсткість стінок повітропроводу (для сталевих каналів $\beta_{\text{ш}} = 1$, для цегляних $\beta_{\text{ш}} = 1,5$; шлакобетонних – $\beta_{\text{ш}} = 1,2$); d_e – еквівалентний діаметр повітропроводу.

Під **еквівалентним діаметром** повітропроводу некруглого поперечного перерізу розуміють діаметр такого повітропроводу круглого перерізу, при якому при пропуску однієї і тієї самої витрати, втрати тиску будуть дорівнювати втратам в даному трубопроводі.

При формі перерізу каналу квадратного або прямокутного перерізу зі сторонами $a \times b$ його еквівалентний діаметр буде:

$$d_e = \frac{2ab}{a+b}. \quad (6.17)$$

Втрати тиску в місцевих опорах знаходяться за формулою:

$$p_m = \sum \zeta_m \frac{\rho V^2}{2} = Z, \quad (6.18)$$

де $\sum \zeta_m$ – сума коефіцієнтів місцевих опорів на розрахунковій ділянці.

В залежностях (6.16) і (6.18) множник $\frac{\rho V^2}{2}$ є динамічним тиском ($p_{\text{дин}}$, Па).

Для нормальної роботи системи повинно виконуватись співвідношення

$$\sum (Rl\beta_{\text{ш}} + Z)\alpha = \Delta p_p, \quad (6.19)$$

тут $\alpha = 1,1-1,15$ – коефіцієнт запасу.

При розрахунку гравітаційних систем швидкість руху повітря в каналах приймається в межах 0,5–1,5 м/с, при механічній – 5–12 м/с. Причому, менша швидкість встановлюється у найбільш віддаленого отвору і поступово збільшується в напрямку до витяжної шахти.

Механічна вентиляція в порівнянні з природною має суттєві переваги:

- повітрообмін може здійснюватись незалежно від зовнішніх метеорологічних умов;
- можливість подачі повітря у заданій кількості й до заданого місця;
- можливість очищення від пилу і тепловологогісної обробки повітря.

Устаткування систем вентиляції

Повітрозабірні пристрої припливних вентиляційних систем – це спеціальні конструкції (отвори, шахти), які розташовують приставними зовні до будівлі або виносять у зелену зону на деяку відстань від будівлі.

Місце встановлення повітрозабірних пристроїв диктується умовами надходження в систему незабрудненого зовнішнього повітря і влаштовується на позначці не нижче 2 м, а в зеленій зоні – не нижче 1 м від рівня ґрунту до низу прорізу. Повітрозабірні шахти необхідно розташовувати на відстані не менше 10–12 м по горизонталі та не менше 6 м по вертикалі від джерел шкідливих викидів.

Для систем вентиляції, в яких припливні камери розташовуються в підвальних приміщеннях, повітрозабірні пристрої виконують у вигляді окремої виносної шахти або у вигляді приставної шахти (рис. 6.4, б, в). Для припливних камер, які розташовуються на майданчиках промислових об'єктів, повітрозабірні пристрої вмонтовуються в зовнішні стіни (рис. 6.4, а).

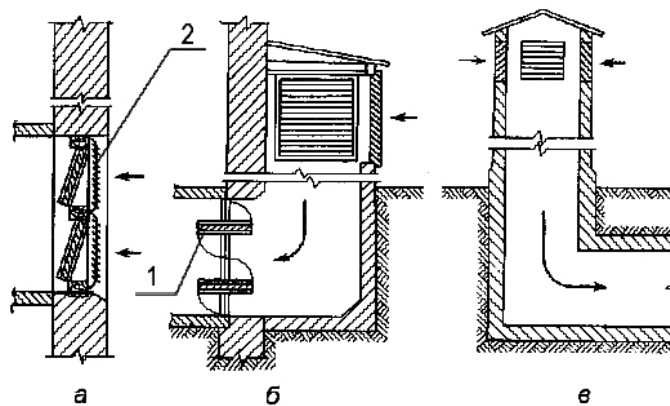


Рис. 6.4. Повітрозабірні пристрої:

а – вмонтований пристрій у зовнішній стіні;

б – приставна шахта; *в* – виносна шахта;

1 – утеплювальний клапан; 2 – жалюзійна решітка

Повітророзподільники – припливні та витяжні пристрої, через які повітря надходить у приміщення із припливних вентиляційних систем або

видаляється з приміщень витяжними системами. За конструктивним виконанням до таких пристроїв належать решітки, плафони, панелі та ін.

Витяжні шахти – канали, які розміщуються на горищі будівлі і слугують для видалення повітря. Швидкість руху повітря у витяжних шахтах приймається в межах 1,5–8 м/с.

Дефлектори – пристрої, які за рахунок обтікання їх конструкції зовнішнім повітрям, збільшують гравітаційний перепад тисків.

Вентиляційні камери – ізольовані приміщення, в яких розміщується устаткування припливних і витяжних систем вентиляції.

Фільтри – пристрої, які призначені для очищення від пилу припливного або рециркуляційного повітря. Фільтри підрозділяються: за конструкцією – мастильні, касетні, чарункові, панельні; за матеріалом елементів фільтрації – сітчасті, тканні, нетканні.

Ступінь очищення або ефективність очищення (коефіцієнт очистки) визначається за формулою:

$$\eta = \frac{G_n - G_k}{G_n} \cdot 100\%, \quad (6.20)$$

де G_n, G_k – масові витрати пилу в повітрі, до і після фільтра, мг/год.

Регульовальні пристрої встановлюють на кінцевих ділянках повітропроводів, які прокладені до приміщень (дросель-клапани з ручним управлінням, шиберні засувки).

Вентилятори – повітродувні машини, що переміщують повітря в системах механічної вентиляції. Найчастіше застосовують відцентрові (радіальні) і осьові (аксіальні) вентилятори (рис. 6.5).

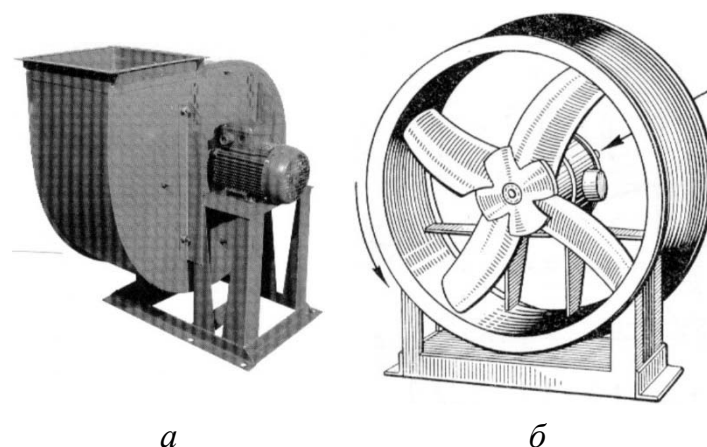


Рис. 6.5. Конструкції вентиляторів:
а – радіальний; б – осьовий

У радіальних відцентрових вентиляторах повітря засмоктується через боковий приймальний патрубок у кожух вентилятора, набігає на лопатки і відкидається до внутрішньої поверхні кожуха, а потім виштовхується через вихідний отвір. В осьових вентиляторах напрямок руху повітря паралельний валу обертання лопаток.

Радіальні вентилятори бувають: низького (до 1000 Па), середнього (від 1000 до 3000 Па) і високого тиску (більше 3000 Па). Вентилятори виконуються з вуглецевої сталі і можуть переміщувати повітря з температурою до 80⁰С. Для транспортування агресивних повітряних сумішей виконують вентилятори з агресивностійких матеріалів (титан, пластмаса тощо). Вентилятори у вибухотапожежобезпечному виконанні виготовляють з алюмінієвих листів. В системах механічної вентиляції та кондиціонування повітря зазвичай застосовуються вентилятори низького та середнього тиску.

Вентилятори підбираються з 10 % запасом по розрахованій витраті:

$$L_s = 1,1 \cdot L_p. \quad (6.21)$$

Потужність вентилятора (кВт) розраховується за формулою:

$$N = \frac{LP_s}{1000 \cdot \rho_{пв} \cdot \eta_s \cdot \eta_n}, \quad (6.22)$$

де L – сумарна витрата повітря, кг/с; η_n – ККД передачі ($\eta_n = 1$ – при безпосередньому з'єднанні колеса вентилятора з електродвигуном; $\eta_n = 0,98$ – при використанні муфти для сполучення вентилятора і електродвигуна; $\eta_n = 0,95$ – при клиноремінній передачі).

Широкого застосування в припливно-витяжних побутових і промислових системах механічної вентиляції набули каналні вентилятори: радіальні для каналів круглого перерізу діаметром від 100 до 400 мм і повітропроводів прямокутного поперечного перерізу від 300x150 до 1000x500 мм.

Для видалення повітря з приміщень з температурою до 60⁰С на безгорищних перекриттях виробничих і громадських будівель встановлюються дахові вентилятори – осьові або радіальні. Такі вентилятори використовують замість великої кількості витяжних шахт, що дозволяє економити корисну площу будівлі.

Шумоглушники використовують для зменшення шуму, що передається від вентилятора по повітропроводах. Виготовляються, як правило, з оцинкованої сталі. Містять у собі два циліндри з прошарком шумопоглинаючого матеріалу між ними, причому внутрішній циліндр

приймається перфорованим. Конструктивно глушники шуму поділяють на трубчасті, сотові, пластинчасті і камерні. Основою для визначення конструктивних розмірів глушників є швидкість руху і витрата повітря в них. Допустима швидкість повітря в глушнику шуму нормується.

Калорифери – прилади для нагрівання повітря в системах припливної вентиляції, системах кондиціонування повітря, повітряного опалення, а також сушильних установках. По теплоносію калорифери можуть бути вогняними, водяними, паровими і електричними. Найбільше розповсюдження отримали водяні і парові калорифери, які поділяють на гладкотрубні і ребристі; останні поділяють на пластинчасті і спірально-навивні. Розрізняють одноходові і багатоходові калорифери.

Підбір калориферів здійснюють за величиною витрати теплоти для нагрівання повітря за формулою:

$$Q = 0,278 \cdot c_n \cdot G \cdot (t_{np} - t_3), \quad (6.23)$$

де Q – витрата теплоти на нагрівання повітря, Вт; $G=L\rho$ – кількість повітря, яке необхідно нагріти, кг/год; t_{np} – температура припливного повітря, $^{\circ}\text{C}$; t_3 – температура зовнішнього повітря, $^{\circ}\text{C}$.

У приміщення без теплонадлишків у холодний період року припливне повітря слід подавати з температурою, яка дорівнює температурі внутрішнього повітря приміщення. У приміщеннях з теплонадлишками різниця між температурами внутрішнього та припливного повітря рекомендується в межах 5...8 $^{\circ}\text{C}$.

Розрахункову площу живого перерізу $f_{ж}$, м^2 , калориферів для руху повітря визначають за формулою:

$$f_{ж} = \frac{G_n}{3600 \cdot (V\rho)}, \quad (6.24)$$

де $V\rho$ – масова швидкість повітря, рекомендується приймати 4–12 $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$.

Рекуператори – пристрої для утилізації енергії. Під **рекупераційними процесами** розуміють повернення частини енергії для повторного використання. (теплоутилізатори). За конструкцією розрізняють: пластинчасті, роторні, рекуператори із проміжним теплоносієм, камерні (регенеративні), теплові труби.

Повітропроводи. Транспортування повітря в системах вентиляції здійснюється повітропроводами, які можуть мати круглу, квадратну чи прямокутну форму поперечного перерізу.

З точки зору мінімальних витрат енергії на переміщення повітря перевага надається круглим повітропроводам, у яких змочений периметр менше, тому зменшується аеродинамічний опір руху повітря. Але з точки зору компоновки більш доцільною формою є прямокутна.

Повітропроводи систем механічної вентиляції виготовляються з наступних матеріалів: тонкої листової сталі товщиною 0,5–1,4 мм; азбестових листів, які кріпляться до металевого каркасу; пластмаси (полівінілхлорид, вініпласт, поліетилен); алюмінію; титанових сплавів; вогнестійкої фанери; фанери; склотканини і склопластику.

Також в системах вентиляції використовуються напівгнучкі і гнучкі повітропроводи, які виготовляються з багатошарової алюмінієвої фольги.

В системах вентиляції житлових та адміністративних будівель використовують повітропроводи у вигляді вентиляційних каналів, які виготовляють з шлакоалебастрових, шлакобетонних плит, цегли та бетону.

Якщо в будинках зовнішні стіни виконані з цегли, то вентиляційні канали влаштовують у товщі стін або у борознах, які закладаються плитами. У випадку відсутності цегляних стін або їх товщина замала, влаштовують приставні повітропроводи з блоків і плит.

Для видалення шкідливих парів і газів у виробничих приміщеннях застосовують витяжні шафи, витяжні зонти, бортові відсмоктувачі, повітряні душі, повітряні завіси.

6.6. Системи кондиціонування повітря

Загальні відомості

У багатьох галузях промисловості (електронна, хімічна, радіотехнічна, харчова тощо) при виробництві продукції пред'являються підвищені вимоги до якості повітряного середовища в приміщеннях де відбувається технологічний процес. Основними нормованими параметрами в приміщеннях є: температура, відносна вологість, швидкість руху повітря і санітарно-гігієнічні показники.

Процес створення і підтримки певних (оптимальних) параметрів повітряного середовища здійснюється шляхом його кондиціонування.

Кондиціонуванням повітря називається комплекс технічних засобів і пристроїв для приготування припливного повітря за даними параметрами.

Оптимальні параметри повітря являють собою сукупність умов, найбільш сприятливих для самопочуття людей (область комфортного

кондиціонування повітря), або умов для правильного протікання технологічного процесу (область технологічного кондиціонування).

Серед основних комфортних умов для перебування людей зазвичай належать: відносна вологість повітря 30–60 %; швидкість повітря для холодного періоду 0,2–0,3 м/с, для теплого 0,2–0,5 м/с. Температура залежить від періоду року і виду роботи. Для холодного періоду року: при легкій роботі – 20–23 °С; при роботі середньої важкості – 17–20 °С; при важкій роботі – 16–18 °С. Для теплого періоду року: відповідно, 22–25; 21–23; 18–21 °С. Допустима температура 25 – 33 °С. В теплий період року метеорологічні умови в житлових будівлях не нормуються.

Під **мікрокліматом приміщення** розуміють сукупність теплового, повітряного і вологісного режимів у їх взаємозв'язку. Головна вимога до мікроклімату приміщень – підтримання комфортних умов для людей, які знаходяться в них. Мікроклімат в приміщеннях створюється системами опалення, вентиляції і кондиціонування повітря.

Класифікація і схеми улаштування систем кондиціонування повітря

Системи кондиціонування класифікують за наступними основними ознаками:

– **за ступенем забезпечення метеорологічних умов в приміщенні**, яке обслуговується, системи кондиціонування поділяються на три класи: **першого, другого і третього**.

Системи кондиціонування першого класу забезпечують необхідні для технологічного процесу параметри у відповідності з нормативними документами. Системи другого класу забезпечують санітарно-гігієнічні норми і необхідні технологічні норми. Системи третього класу забезпечують допустимі норми, якщо вони не можуть бути забезпечені вентиляцією в теплий період року без застосування штучного охолодження повітря.

– **за призначенням: комфортні, технологічні і комфортно-технологічні**. Комфортне кондиціонування застосовується в житлових, громадських і промислових будівлях з метою забезпечення оптимальних санітарно-гігієнічних умов для перебування людей, що знаходяться в приміщенні. Технологічне кондиціонування призначене для забезпечення необхідних умов протікання виробничих процесів. При комфортно-технологічному кондиціонуванні параметри повітряного середовища повинні одночасно забезпечувати оптимальні умови протікання технологічних процесів і комфортні умови для перебування людей;

– **за характером зв'язку з обслуговуваним приміщенням: місцеві і центральні.** У центральних системах повітря обробляється в одному центральному кондиціонері, від якого воно розподіляється по окремих приміщеннях. У місцевих системах повітря обробляється в кондиціонерах, розташованих в окремих приміщеннях. Розподільча система повітропроводів в будівлі у такому випадку відсутня.

– **за конструктивними ознаками: автономні і неавтономні.** У автономних системах кожен кондиціонер має свою систему теплохолодопостачання, тобто вбудовану в нього холодильну машину, мережу трубопроводів і апарати, які є джерелами і стоками тепла і вологи. Неавтономні системи мають централізовані, єдині для всієї будівлі або ряду будівель генератори тепла і холоду, від яких розгалуженою мережею тепло- і холодоносії відводяться до окремих кондиціонерів. У великих громадських і промислових будівлях застосовують комбіновані системи. У них первинна обробка зовнішнього повітря централізована, а остаточне його доведення для отримання потрібних для окремих приміщень параметрів припливного повітря здійснюється в місцевих вентиляторах.

– **за тиском, який створюється вентиляторами: низького (до 1000 Па), середнього (до 3000 Па) і високого (більше 3000 Па) тиску.**

– **за кількістю обслуговуваних приміщень: однозонні і багатозонні.**

Однозонні системи застосовуються для обслуговування одного приміщення з рівномірним розподілом тепло- і вологовиділень, наприклад, виставкові зали, кінотеатри та ін.

Багатозонні системи застосовуються для обслуговування декількох приміщень або приміщень з нерівномірним розподілом тепло- і вологовиділень.

– **за схемою обробки повітря: прямоточні і рециркуляційні.** В прямоточних системах використане повітря відводиться зовні будівлі. В рециркуляційних системах відпрацьоване повітря збірними каналами відводиться на очистку та підготовку і повторно подається в приміщення.

Відповідні схеми улаштування елементів устаткування для кондиціонування і обробки повітря приведені на рис. 6.6.

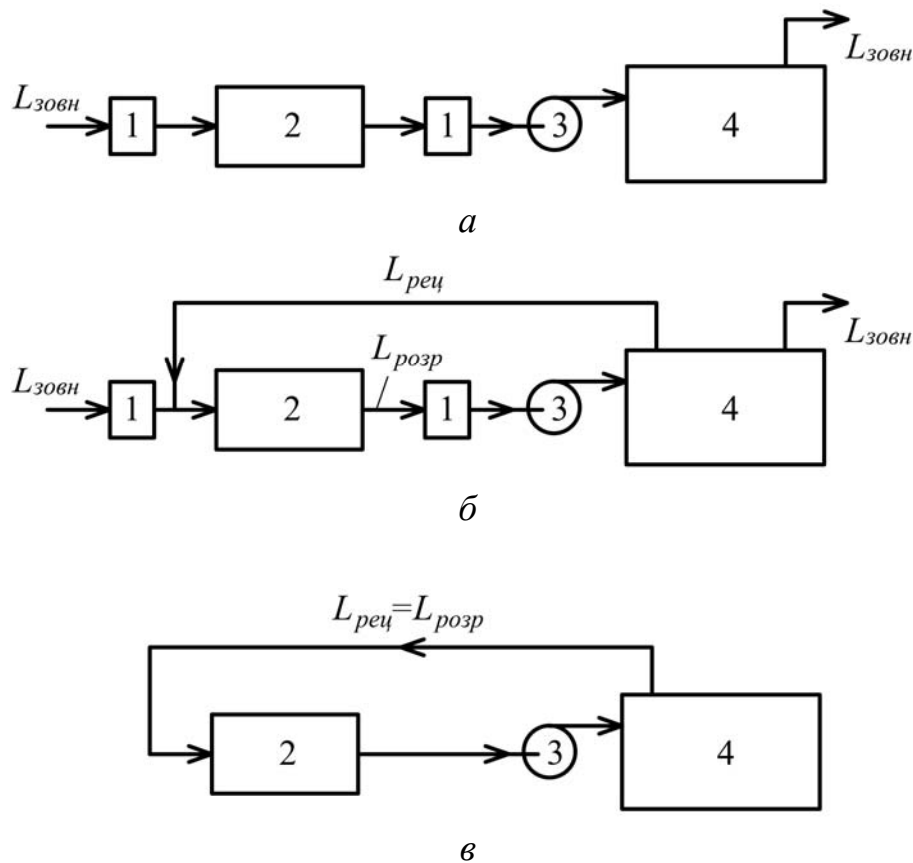


Рис. 6.6. Схеми улаштування систем кондиціонування за схемою обробки повітря:

a – прямоточна; *б* – частково рециркуляційна; *в* – рециркуляційна;
 1 – секція підігріву; 2 – зрошувальна камера; 3 – вентилятор; 4 – приміщення з системою кондиціонування

– за типом обслуговуваних об’єктів: побутові, напівпромислові і промислові.

Побутові кондиціонери призначені для встановлення в житлових будинках, офісах і аналогічних об’єктах.

Напівпромислові кондиціонери мають холодопродуктивність від 5 до 30 кВт. Трифазну напругу. Призначені для створення мікроклімату в громадських і офісних приміщеннях, індивідуальних будинках, ресторанах, дачах та ін.

Промислові кондиціонери мають продуктивність більше 30 кВт і призначені для встановлення у виробничих і аналогічних приміщеннях.

– за сезонністю забезпечення необхідних параметрів повітря: **цілорічні** і **сезонні**. Цілорічні системи забезпечують необхідний режим в теплий, перехідний і холодний періоди року. Сезонні системи забезпечують

внутрішній розрахунковий режим в холодний або (частіше) в теплий період року.

В кондиціонерах здійснюється фільтрація і тепловологісна обробка повітря. Підігрів і охолодження повітря здійснюється в поверхневих і контактних повітроохолоджувачах.

Поверхневі повітроохолоджувачі виготовляються з оребрених трубок, всередині яких протікає холодоносій (холодна вода або розсол). Зовні ці трубки омиваються охолоджуванним повітрям.

Контактні повітроохолоджувачі (камери зрошення), в яких повітря обробляється охолодженою водою, що розбризкується спеціальними форсунками, в порівнянні з поверхневими знаходять більш широке застосування. Принципова схема кондиціонування повітря приведена на рис. 6.7.

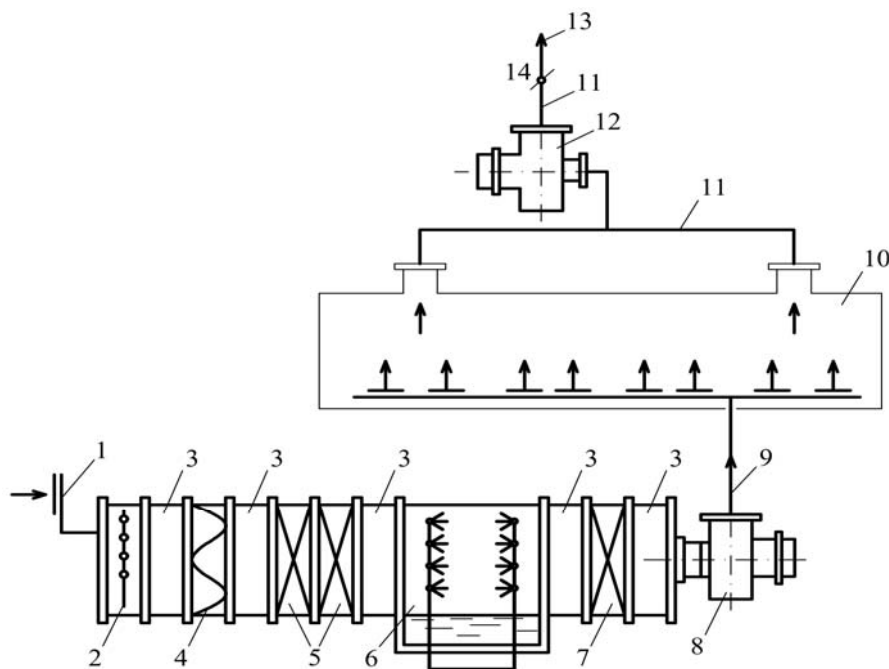


Рис. 6.7. Принципова схема прямооточної системи кондиціонування повітря:
 1 – повітрязабірний пристрій; 2 – приймальний клапан; 3 – секція обслуговування;
 4 – фільтр для повітря; 5 – повітрянагрівачі першого нагріву; 6 – зрошувальна
 камера; 7 – повітрянагрівач другого нагріву; 8 – вентилятор кондиціонера;
 9 – повітропровід приточного повітря; 10 – приміщення з системою
 кондиціонування; 11 – повітропровід для видалення повітря; 12 – витяжний
 вентилятор з електродвигуном; 13 – повітропровід для викиду в атмосферу;
 14 – повітряний клапан

В теплий період року зовнішнє повітря проходить через повітрозабірний пристрій і приймальний клапан всмоктується вентилятором кондиціонера, проходить фільтр, де очищується від атмосферного пилу, і надходить в пристрій для термовологісної обробки повітря (камера зрошення). Після обробки охоложене і осушене повітря по приточному повітропроводу нагнітається в приміщення з системою кондиціонування, і після поглинання надлишкових тепло- і вологовиділень витяжним вентилятором, видаляється назовні або частково по рециркуляційному повітропроводу повертається в кондиціонер для повторного використання.

В холодний період року зовнішнє повітря також проходить через фільтр, потім підігрівається і зволожується, і після надання йому необхідних параметрів (температури і відносної вологості) нагнітається в приміщення, що підлягає кондиціонуванню.

Розрахунок системи кондиціонування

Для розрахунку системи кондиціонування необхідно знати кількість оброблюваного повітря в кондиціонері (продуктивність по повітрю) і повну потужність по холоду.

Продуктивність кондиціонера по повітрю, L , м³/год., визначають за формулою:

$$L_{нов} = \frac{Q_{заг}}{(I_{вид} - I_{пр})\rho}, \quad (6.25)$$

де $Q_{заг}$ – загальна кількість тепла, що видаляється, ккал/кг; ρ – густина повітря, яка залежить від температури, кг/м³; $I_{вид}$ – ентальпія повітря, що видаляється, ккал/кг; $I_{пр}$ – ентальпія приточного повітря, ккал/кг.

Під ентальпією розуміють суму внутрішньої енергії системи U (ентальпія залежить від температури) і добутку тиску p на величину об'єму системи W :

$$I = U + pW, \text{ Дж.} \quad (6.26)$$

Продуктивність кондиціонера по холоду $L_{хол}$, кВт, визначають за формулою:

$$L_{хол} = \frac{L_{нов}(I_{вид} - I_{пр})}{3600}, \quad (6.27)$$

В системах вентиляції і кондиціонування зазвичай застосовується вологе повітря або пароповітряна суміш.

Як слідує з рис. 6.7, однією з основних складових частин кондиціонера є зрошувальна камера. При відсутності теплообміну з навколишнім середовищем повинна існувати рівність між кількістю тепла, яке віддало повітря, і кількістю тепла, яке сприйняла вода, тобто:

$$G_k(I_n - I_k) = Wc(t_{wk} - t_{wn}), \quad (6.28)$$

де G_k – кількість повітря, яке проходить через зрошувальну камеру, кг/год; I_n, I_k – початкова і кінцева ентальпії повітря, ккал/кг; W – кількість (витрата) води, яка контактує з повітрям, кг/год; c – масова теплоємність води, яка дорівнює 1 ккал/(кг·°C); t_{wk}, t_{wn} – кінцева і початкова температура води, °C.

Розділивши обидві частини рівняння (6.28) на G_k , отримаємо:

$$I_n - I_k = \frac{Wc}{G_k}(t_{wk} - t_{wn}). \quad (6.29)$$

Відношення W/G_k називається **коефіцієнтом зрошення** і показує, яка кількість води, що розбризкується в зрошувальній камері, припадає на 1 кг повітря, яке проходить через камеру.

Позначивши W/G_k через μ і підставивши в рівняння (6.29), отримаємо:

$$I_n - I_k = \mu c(t_{wk} - t_{wn}). \quad (6.30)$$

Повна кількість тепла, яке обмінюється між повітрям і водою віднесене до 1 м² поверхні контакту в умовах камер зрошення кондиціонерів буде:

$$Q_n = Q_y + Q_c, \quad (6.31)$$

де Q_n – повна кількість тепла, ккал/(м²·год); Q_y – кількість явного тепла, яке передане від води до повітря, ккал/(м²·год); Q_c – кількість скритого тепла, ккал/(м²·год).

В загальному випадку явний теплообмін відбувається при різниці температур внаслідок теплопровідності, конвекції і випромінювання. Повітря має малу теплопровідність. Теплообмін випромінюванням в кондиціонерах також незначний і практично не враховується в розрахунках. Тому під **явним теплообміном**, що відбувається в кондиціонерах, будемо розуміти тільки тепло, що передане конвекцією, яке визначається за залежністю:

$$Q_y = \alpha_k(t_n - t_w). \quad (6.32)$$

Потік вологи, тобто кількість обмінної вологи в процесі контакту повітря з поверхнею води при нормальному барометричному тиску, визначиться за рівнянням:

$$W = \beta(p_n - p_{n.u}), \quad (6.33)$$

де α_k – коефіцієнт конвективного теплообміну, ккал/(м²·год·°C); t_n – температура повітря, °C; t_w – температура поверхні води, °C; W – кількість

обмінної вологи, кг/(м²·год); β – коефіцієнт вологообміну, кг/(м²·год); p_n – парціальний тиск водяних парів в пограничному шарі повітря біля поверхні води, мм рт. ст.; $p_{n.w}$ – парціальний тиск водяних парів в пограничному шарі води, мм рт. ст.

Оскільки кондиціонери працюють в області порівняно низьких температур (в межах до 20 °С), можна приблизно прийняти:

$$\frac{p_n - p_{n.w}}{d_n - d_{n.w}} \approx \text{const}, \quad (6.34)$$

де d_n – вологовміщення в основній масі повітря; $d_{n.w}$ – вологовміщення повітря в пограничному шарі, тобто при температурі, яка дорівнює температурі поверхні води і при повному насиченні повітря водяними парами.

Питання для самоперевірки

1. Які системи відносяться до вентиляції і кондиціонування?
2. Які основні вимоги висуваються до вентиляції будівель?
3. Наведіть класифікацію систем вентиляції.
4. Які питання відносяться до внутрішньої задачі вентиляції?
5. Які питання відносяться до крайової задачі вентиляції?
6. Які питання відносяться до зовнішньої задачі вентиляції?
7. Що називають повітрообміном приміщення?
8. Що таке кратність повітрообміну. В яких випадках вона має знак плюс, а в яких – мінус?
9. Назвіть основні джерела надходження тепла в приміщення.
10. Назвіть основні види втрат тепла в приміщеннях.
11. Як визначається гравітаційний перепад тисків в системах вентиляції?
12. Як розраховуються втрати тиску за довжиною і в місцевих опорах у вентиляційних каналах?
13. Яке призначення систем кондиціонування повітря?
14. Поясніть принцип роботи системи кондиціонування повітря.
15. Що таке скритий теплообмін?

Література

1. ДБН В.2.5-74:2013. Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. – Київ: Мінрегіон України, 2013. – 172 с.
2. ДБН В.2.5-64:2012. Внутрішній водопровід та каналізація. Частина 1. Проектування. – Київ: Мінрегіон України, 2012. – 104 с.
3. ДБН В.2.5-75:2013. Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. – Київ: Мінрегіон України, 2013. – 223 с.
4. ДБН В.2.5-39:2008. Зовнішні мережі та споруди. Теплові мережі. – Київ: Мінрегіон України, 2013. – 56 с.
5. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. – Київ: Мінрегіон України, 2013. – 240 с.
6. ДБН В.2.5-20-2018. Газопостачання. Інженерне обладнання будинків і споруд. – Київ: Мінрегіон України, 2013. – 115 с.
7. Кравчук А.М., Кравчук О.Я. Водопостачання і водовідведення: навчальний посібник. – К.: КНУБА, 2012. – 180 с.
8. Степанов М.В. Інженерне обладнання будівель: навчальний посібник. – К.: КНУБА, 2008. – 204 с.
9. Онищенко А.М., Кравчук А.М., Кравчук О.Я., Башкевич І.В., Кравчук О.А., Гаркуша М.В., Клименко М.І. Теплотехніка: навчальний посібник. – К.: «Сталь», 2022. – 226 с.
10. Шевелев Ф.А. Таблицы для гидравлического расчета стальных, чугунных, асбестоцементных, пластмассовых и стеклянных водопроводных труб. – М.: Стройиздат, 1973. – 116 с.
11. Константинов Ю.М., Василенко А.А., Сапухин А.А., Батченко Б.Ф. Гидравлический расчет сетей водоотведения: Расчетные таблицы. К.: Будівельник, 1987. – 120 с.

Навчальне видання

Онищенко Артур Миколайович
Кравчук Андрій Михайлович
Кравчук Ольга Яківна
Кравчук Олександр Андрійович
Беспалов Денис Андрійович

**ВОДОПОСТАЧАННЯ І ВОДОВІДВЕДЕННЯ.
ТЕПЛОГАЗОПОСТАЧАННЯ І ВЕНТИЛЯЦІЯ**

Навчальний посібник

Підписано до друку 10.04.2024. Формат 60x84/16.
Папір офсетний. Гарнітура Таймс. Друк офсетний.
Ум. друк.арк. 10.9. Наклад 300. Зам. № 191.

Надруковано в “Видавництво Людмила”.
Свідоцтво про внесення до Державного реєстру
суб’єктів видавничої справи серія ДК № 5303 від 02.03.2017.
“Видавництво Людмила”
03148, Київ, а/с 115.
Тел./факс: + 38 050 469 7485, 068 340 8332
E-mail: lesya3000@ukr.net