

Міністерство освіти і науки України
Національний університет водного господарства та
природокористування

О. А. Ткачук

СИСТЕМИ ІНЖЕНЕРНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАСЕЛЕНИХ ПУНКТІВ

Навчальний посібник



УДК 711.8:625.78(075.8)

Т66

Рецензенти:

Мартинів С. Ю., доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри водопостачання, водовідведення та бурової справи НУВГП;

Завальний О. В., кандидат технічних наук, професор, завідувач кафедри міського будівництва Харківського національного університету міського господарства імені О.М. Бекетова.

Рекомендовано Вченою радою Національного університету водного господарства та природокористування.

Протокол № 12 від 20 грудня 2024 р.

Ткачук О. А.

Т66 Системи інженерного забезпечення населених пунктів : навч. посіб. – Рівне : НУВГП, 2025. – 150 с.

ISBN 978-966-327-618-2

У навчальному посібнику розглянуто принципові питання влаштування систем інженерного забезпечення, які є системами життєзабезпечення населених пунктів, а саме водопостачання, водовідведення, тепlopостачання, газопостачання та електропостачання.

Навчальний посібник призначено для здобувачів вищої освіти за спеціальністю «Будівництво і цивільна інженерія». Може бути корисним для здобувачів і фахівців інших спеціальностей, пов'язаних із містобудівною діяльністю.

УДК 711.8:625.78(075.8)

ISBN 978-966-327-618-2

© О. А. Ткачук, 2025

© Національний університет
водного господарства та
природокористування, 2025

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ.....	5
ВСТУП	6
Розділ 1. Основні характеристики інженерного забезпечення населених пунктів.....	7
1.1. Значення інженерного забезпечення у формуванні і розвитку населених пунктів.....	7
1.2. Вимоги до систем інженерного забезпечення населених пунктів.....	9
1.3. Режими споживання води, тепла, газу, електричної енергії.....	12
<i>Контрольні питання</i>	20
Розділ 2. Системи водопостачання	21
2.1. Класифікація систем водопостачання	21
2.2. Споруди систем водопостачання	23
2.3. Системи подачі та розподілення води (СПРВ).....	31
2.4. Протипожежне водопостачання	54
<i>Контрольні питання</i>	64
Розділ 3. Водовідведення	65
3.1. Організація водовідведення у сучасних населених пунктах.....	65
3.2. Характеристика систем водовідведення населених пунктів	68
3.3. Побутові, дощові та дренажні мережі	74
3.4. Схеми каналізаційних мереж та основні принципи їх влаштування	80
<i>Контрольні питання</i>	83

Розділ 4. Газопостачання.....	84
4.1. Схема подачі природних газів у населені пункти .	84
4.2. Системи і схеми газопостачання населених пунктів, газове устаткування.....	86
4.3. Нормативні вимоги до влаштування газопроводів населених пунктів.....	97
<i>Контрольні питання</i>	100
Розділ 5. Теплопостачання	101
5.1. Сучасні системи опалення і гарячого водопостачання у населених пунктах.....	101
5.2. Подача і розподіл теплоносія	106
5.3. Режими і графіки тисків у централізованих системах теплопостачання.....	118
<i>Контрольні питання</i>	122
Розділ 6. Електропостачання	123
6.1. Споживачі електричної енергії в населених пунктах (електроприймачі), їх категорії	123
6.2 Системи електропостачання населених пунктів .	126
6.3 Режими споживання та подачі електроенергії.....	132
6.4 Багатоставкові тарифи на електропостачання	135
<i>Контрольні питання</i>	137
ЛІТЕРАТУРА	138
ТЕРМІНОЛОГІЧНИЙ СЛОВНИК	142

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

АСУ ТП	– автоматизована система управління технологічними процесами
ВНС	– водопровідна насосна станція
ВОС	– водопровідні очисні станції
ГГС	– газгольдерна станція
ГПП	– головна понижувальна підстанція
ГПУ	– гідропневматична установка
ГРП	– газорегуляторний пункт
ГРПБ	– газорегуляторний пункт блоковий
ГРС	– газорозподільна станція
ГРУ	– газорегуляторна установка
ЖКГ	– житлово-комунальне господарство
КБРТ	– комбінований будинковий регулятор тиску газу
КНС	– каналізаційні насосні станції
КОС	– каналізаційні очисні споруди
ОМС	– органи місцевого самоврядування
ОСАВ	– очисні споруди атмосферних вод
ПРГ	– пункти регулювання газу
ПЧС	– перетворювачі частоти струму
РЧВ	– резервуар чистої води
РП	– розподільний пункт
СІЗ	– системи інженерного забезпечення
СПРВ	– система подачі та розподілення води
ТЕП	– техніко-економічні показники
ТЕР	– техніко-економічні розрахунки
ТЕС	– теплова електростанція
ТЕЦ	– теплоелектроцентрально
ТП	– трансформаторна підстанція
ШРП	– шафвий регуляторний пункт

ВСТУП

Інженерне забезпечення міських територій є визначальним чинником сталого розвитку сучасних населених пунктів, їхнього благоустрою, задоволення санітарно-гігієнічних, екологічних, соціально-економічних та інших потреб їх мешканців. Системи інженерного забезпечення, до складу яких входять інженерні системи електропостачання, теплопостачання, газопостачання, водопостачання, водовідведення, зв'язку тощо, є системами життєзабезпечення населених пунктів. Їхня надійна та ефективна робота не тільки забезпечує населення необхідними для життя водою, газом, теплом, світлом, але й створює належні санітарно-гігієнічні та комфортні умови у місцях проживання і роботи людей, задовольняє їхні побутові, комунальні, виробничі та інші потреби, підтримання пожежної безпеки тощо.

Улаштування та функціонування систем інженерного забезпечення у населених пунктах України визначається потужною нормативною базою, яка базується на Законах України, Постановах Верховної ради, Кабінету Міністрів України, Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг, Постановах і Розпорядженнях Міністерств і відомств, Державних будівельних нормах (ДБН), Державних стандартах України (ДСТУ) тощо [1–28].

Споруди і комунікації систем інженерного забезпечення розташовують по всій території населених пунктів, а часто і за їх межами. Інженерні мережі, що є їхньою основною складовою частиною, включають сотні, а то й тисячі, кілометрів трубопроводів водо-, тепло-, газопостачання і водовідведення, підземних кабелів та надземних ліній електропостачання і зв'язку. Їхня вартість становить понад третину вартості всієї міської забудови.

Фахівці будівельного профілю повинні володіти теоретичними знаннями і практичними навичками з основ інженерного забезпечення населених пунктів, принципів і правил їх влаштування, функціонування та проектування елементів інженерного забезпечення міських територій.

Розділ 1. Основні характеристики інженерного забезпечення населених пунктів

Існування та розвиток сучасних населених пунктів нерозривно пов'язані із функціонуванням систем інженерного забезпечення (СІЗ), які є визначальним чинником їхнього життєзабезпечення. До них відносять системи електропостачання, теплопостачання, газопостачання, водопостачання, водовідведення, зв'язку. Як системи масового обслуговування, що забезпечують водою, теплом, газом, електроенергією тощо споживачів на території конкретного населеного пункту, вони мають як спільні, так і особливі характерні риси і показники. Тому окремі підходи до їхнього влаштування є спільними, а інші мають свою специфіку та унікальні особливості, що залежать від їхнього призначення.

1.1. Значення інженерного забезпечення у формуванні і розвитку населених пунктів

Інженерне забезпечення населених пунктів є одним із найважливіших компонентів комплексного вирішення *соціально-економічних, санітарно-гігієнічних, екологічних, транспортних й архітектурно-будівельних завдань* у сучасному містобудуванні. Воно призначене для створення його мешканцям:

- *безпечних і санітарно-гігієнічних умов;*
- *високого рівня комфорту.*

Улаштування систем інженерного забезпечення населених пунктів України базується на:

- **Законах України:** «Про основи містобудування», «Про благоустрій населених пунктів», «Про житлово-комунальні послуги», «Про питну воду та питне водопостачання», «Про теплопостачання», «Про енергозбереження» та інших [1–7];
- **Постановах** Верховної ради України, Кабінету міністрів, Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг [8–14];
- **Державних будівельних нормах, Державних стандартах** тощо [15–28].

Існування та розвиток сучасних населених пунктів нерозривно пов'язані із функціонуванням інженерних **систем життєзабезпечення**, а саме:

- *електропостачання;*
- *теплопостачання;*
- *газопостачання;*
- *водопостачання;*
- *водовідведення;*
- *зв'язку.*

Системи інженерного забезпечення (СІЗ) сучасних населених пунктів, як системи їхнього життєзабезпечення, відносяться до критичних підгалузей міського господарства. Вартість об'єктів СІЗ становить понад 30% загальної вартості всієї забудови населених пунктів. За структурою СІЗ є ***технологічно складними, достатньо масштабними***, об'єкти яких розташовані по всій території населених пунктів, а інколи і за їхніми межами. Вони обслуговують (забезпечують водою, теплом, газом, електроенергією тощо) дуже велику кількість абонентів і відносяться до *систем масового обслуговування* [31], робота яких суттєво залежить від *внутрішніх* (параметри і стан окремих елементів) і *зовнішніх* (зміни попиту споживачів, вплив погодних умов тощо) факторів.

СІЗ мають значний вплив на розвиток сучасних міст:

- ***забезпечення населення життєво необхідними продуктами і послугами:*** водою; теплом; газом; електроенергією; зв'язком тощо;
- ***забезпечення підприємств, установ, закладів товарами, необхідними для виробничої діяльності, навчання, лікування, відпочинку тощо;***
- ***створення і підтримування належного санітарного стану і благоустрою*** міських територій;
- ***підтримування пожежної безпеки*** тощо.

Найчастіше СІЗ є складовою житлово-комунального господарства (ЖКГ), яке є найбільшою часткою міського господарства. Вони мають подвійне підпорядкування:

- органам місцевого самоврядування (ОМС);
- галузевим відомствам (міністерствам).

Переважна більшість СІЗ є *комунальними*, тобто *власністю місцевих територіальних громад*. Від їхнього імені ОМС управляють роботою СІЗ на основі делегованих повноважень. З іншої сторони, враховуючи *технологічну специфіку* кожної СІЗ, профільні галузеві відомства формують загальнодержавні норми, правила та вимоги до влаштування та утримання СІЗ, здійснюють державний контроль за їхнім функціонуванням та розвитком.

1.2. Вимоги до систем інженерного забезпечення населених пунктів

Враховуючи різні сфери забезпечення споживачів і технологічну специфіку кожної СІЗ вимоги до них можна поділити на *загальні* та *специфічні*. До *загальних вимог* слід віднести:

1. **Забезпечення** споживачів *розрахунковою кількістю* продуктів, товарів і послуг.
2. **Забезпечення належної якості** продуктів, товарів і послуг.
3. **Надійність** у роботі (*безперебійність постачання, відновлюваність, ремонтпридатність, резервування*);
4. **Економічність** (*мінімальна сумарна будівельна та експлуатаційна вартість*).
5. **Екологічна безпека** – *недопущення порушення екологічної рівноваги* в нормальних умовах та у випадках надзвичайних ситуацій.

Кожна СІЗ має свою *продуктивність*, тобто здатність подати споживачам певну кількість товарів (води, газу, тепла, електричної енергії тощо) та забезпечити їх відповідним об'ємом послуг. Їхня продуктивність орієнтована на визначену кількість користувачів та їхні потреби у послугах СІЗ. Ці потреби змінюються в часі (протягом години, доби, тижня, року) і мають ймовірнісний характер. Згідно теорії ймовірності у якийсь невеликий проміжок часу ці потреби можуть бути дуже і дуже великими. При цьому середні потреби, що покривають основний період експлуатації, будуть значно меншими. Враховуючи, що

від рівня забезпечення попиту на послуги СІЗ залежить її розрахункова продуктивність, а від неї і вартість СІЗ. Тому, на практиці приймають такі значення розрахункової продуктивності СІЗ, при яких величини незабезпечення попиту і його тривалості будуть незначними і створять значних проблем споживачам. Відповідно до такої розрахункової продуктивності СІЗ і визначають пропускну здатність мереж і спроможність споруд інженерного забезпечення. Дослідження та практичні спостереження за функціонуванням СІЗ різного призначення дозволили накопичити певний досвід їх розрахунків. Всі вони передбачають визначення таких параметрів мереж і споруд інженерного забезпечення, при яких буде задоволений основний потік заявок на їхні послуги із ймовірністю $90\div 99\%$ від теоретично повної потреби. Тобто допускається, що у якийсь момент часу СІЗ може відмовити у задоволенні попиту на послуги. Так, для систем водопостачання I-ї категорії допускається зниження подачі води до 30% на час не більше 3-х діб, а більше зниження і навіть повна перерва у водопостачанні – не більше 10 хвилин [22, п. 8.4]. Для систем електропостачання перерва в електропостачанні електроприймачів II-ї категорії допускається на час включення резервного джерела силами чергового персоналу або виїзної оперативної бригади. [19, п. 2.6; 28, п. 1.2.19]. Для електроприймачів III категорії відновлення електропостачання повинно бути здійснено за час не більше 1 доби [19, п. 2.7; 28, п. 1.2.20]. Для інших СІЗ аналогічні показники щодо надійності забезпечення послугами передбачені галузевими нормативи [18–23].

Важливою вимогою є *якість* продукції, товарів і послуг. Адже навіть незначні відхилення від нормативних показників якості можуть спричинити не тільки дискомфорт споживачів, але й призвести до розладів їхнього здоров'я, нанести матеріальні збитки чи викликати аварійні ситуації чи навіть катастрофи. Так, тривале вживання людьми води, показники якої не відповідають стандарту [24], може призвести до епідемій. Подача газу із завищеним тиском є причинами вибухонебезпечних ситуацій, а збільшення або зменшення напруги в електричних мережах – поломки побутових приладів, а інколи і пожеж.

Надійність та економічність СІЗ – дві протилежні взаємопов'язані вимоги. Так, підвищення надійності потребує застосування більш якісних і дорожчих матеріалів та обладнання, резервування окремих споруд, їх секціонування. Це робить СІЗ більш дорогими і знижує їхні економічні показники. Тому надійність СІЗ повинна бути орієнтована на недопущення зниження забезпечення споживачів товарами та послугами нижче критичного рівня. При цьому дисконтована вартість СІЗ, що є сумою приведених витрат на влаштування та утримання СІЗ за відповідний період (окупності, розрахункової експлуатації тощо), повинна бути мінімальною.

Екологічна безпека передбачає недопущення порушення екологічної рівноваги при функціонуванні СІЗ у нормальних умовах та у випадках надзвичайних ситуацій, зокрема, при виникненні аварій. Для СІЗ відповідного призначення порушення екологічної рівноваги і надзвичайні ситуації є різними. Так, для систем водопостачання такими можуть бути випадки зниження рівнів ґрунтових вод у зоні функціонування підземних водозаборів, підтоплення і заболочення територій через витоки води із трубопроводів тощо. У системах водовідведення – це забруднення водойм неочищеними дощовими або господарсько-побутовими водами, затоплення територій при аваріях на колекторах тощо. В електропостачанні такими порушеннями екологічної рівноваги є вплив на людей, рослин і тварин електромагнітних полів у місцях прокладання ЛЕП та електрокабелів високої напруги. Температурні впливи відчутні у місцях прокладання теплових мереж.

Специфічні вимоги залежать від профілю СІЗ і обумовлені галузевими вимогами до них. Так, для водопровідних мереж, які входять до складу систем водопостачання, вільні напори у трубопроводах повинні відповідати поверховості забудови, але бути не меншими 10 м і не більшими 60 м [22, п. 6.3.4]. У газових мережах газопроводів низького тиску величини тисків повинні бути до 0,005 МПа [18, п. 5.2]. В електричних мережах напруга не повинна виходити за межі від + 10% до - 15% її номінальної величини [26, п. 4.2.2.1]. Специфічні вимоги більш детально відображені у відповідних розділах з розгляду конкретної СІЗ.

1.3. Режими споживання води, тепла, газу, електричної енергії

Системи інженерного забезпечення відносяться до систем масового обслуговування, тобто систем, які у випадкові моменти часу задовольняють запити користувачів на їхні потреби (у воді, газі, електроенергії тощо). Ці запити є ймовірнісними і залежать від багатьох факторів, основними серед яких є:

1) категорії користувачів послуг СІЗ:

- *види і типи споживачів (населення, комунально-побутові установи, промислові підприємства тощо);*
- *кількість споживачів;*
- *санітарний благоустрій будівель (обладнання різного роду приладами, устаткуванням тощо);*

2) природні умови:

- *географічне розташування;*
- *пора року, доба тижня, година доби;*

3) наявність чи відсутність приладів обліку:

- *водо- і газолічильників;*
- *теплових витратомірів;*

4) тарифи на товари і послуги:

- *самоокупні;*
- *дотаційні;*

5) культура населення:

- *виховання (особливо дітей) до раціонального користування;*
- *рівень освіти;*

6) стимули до ресурсощадження:

- *багатоставкові тарифи;*
- *енерго і ресурсощадні прилади тощо.*

Споживачі певної **категорії** отримують послуги від СІЗ на відповідні цілі у сфері їхньої діяльності. Так, для населення це – гігієнічні та побутові потреби (особиста гігієна, приготування їжі, миття посуду, прання білизни, прибирання помешкань тощо). У громадських і комунально-побутових закладах ці послуги можуть бути обумовлені як гігієнічними та побутовими потребами, так і видами їхньої діяльності (наприклад, миття обладнання і посуду в установах харчування). На виробничих

підприємствах забезпечують потреби як технологічних процесів, так і гігієнічні та побутові потреби працівників (прийом душів, туалет тощо). У межах кожної категорії споживачів поділяють на певні *види*, тобто групи з однаковим ступенем санітарного благоустрою житла, видів господарської діяльності тощо.

Від *кількості* споживачів, що одночасно отримують послугу, залежить нерівномірність потоку заявок на послуги СІЗ. Так, із збільшенням їх кількості потоки стають більш рівномірними і, навпаки, із зменшенням – більш нерівномірними (рис. 1.1). Відповідно до цього навантаження на СІЗ будуть змінюватись у більш вузьких чи більш широких діапазонах.

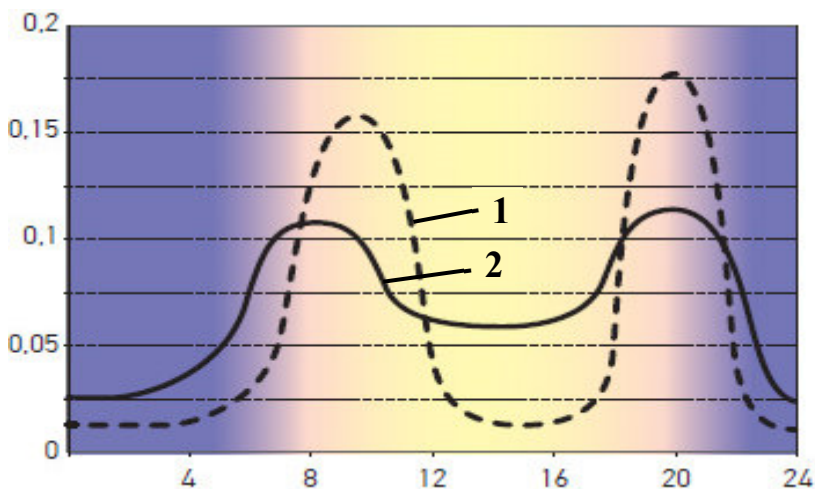


Рис. 1.1. Вплив кількості споживачів на витрати води (газу, електроенергії: 1 – 10 споживачів; 2 – 100 споживачів

Такий вплив обумовлений тим, що заявки на послуги від споживачів мають ймовірнісний характер. Із зростанням їхньої кількості ймовірність того, що одночасно всі споживачі матимуть потребу у відповідному виді послуг знижується і питомі витрати одним споживачем будуть меншими.

Ступінь санітарного благоустрою та обладнання побутовими приладами помешкань вказують на потребу у послугах із різним рівнем навантажень на СІЗ. Так, якщо у помешканні встановлені кухонна мийка, умивальник, ванна-

джакузі, душ-біде та інше санітарне обладнання, то потреба у кількості води для них буде значно вище ніж у випадку, коли у помешканні встановлено тільки мийку та унітаз.

Природні умови залежать від *географічного розташування* населеного пункту *часового фактору* (пора року, доба тижня, година доби). *Географічне розташування* характеризуються різними величинами температури та вологості повітря, тривалістю світлої пори доби тощо. Відповідно до впливу цих чинників змінюються і потреби у послугах СІЗ.

Часовий фактор вказує на потоки заявок на послуги відповідно до біологічних ритмів життя мешканців, їхніх гігієнічних та побутових потреб (практична відсутність попиту у нічні години; максимальний попит у ранкові та вечірні години; відносно середній попит в інші години доби), режимів роботи підприємств та закладів, технологічних процесів на виробництві. Потреби у послугах змінюються щогодини, днів тижня (будні, вихідні, передсвяткові та святкові дні), пори року (рис. 1.2, і 1.3). Так, зміна протягом року тривалості світлої частини доби, температури повітря обумовлюють різні потреби у послугах СІЗ.

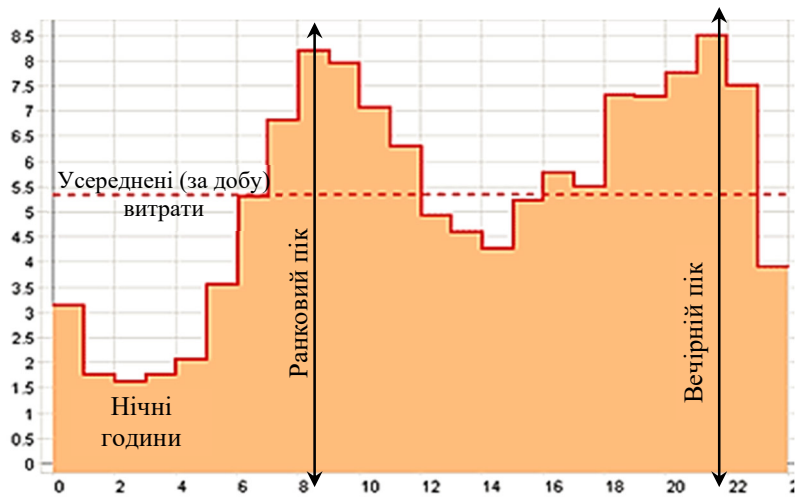


Рис. 1.2. Добовий графік споживання води, газу, електроенергії

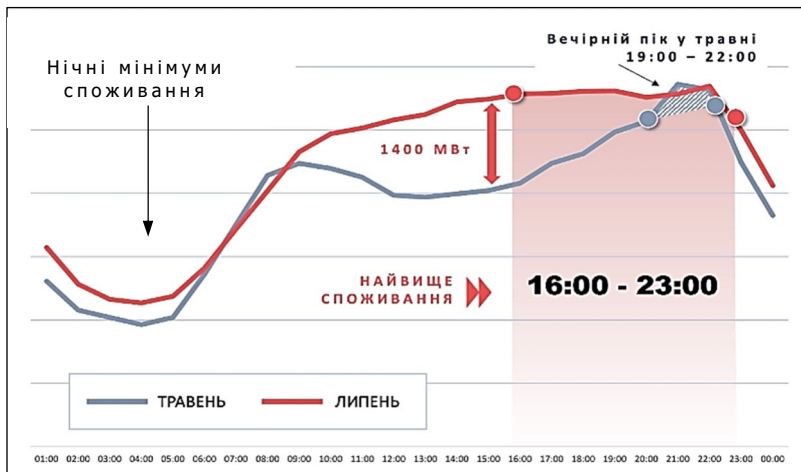


Рис. 1.3. Приклад зміни споживання електроенергії у будні дні

Найбільш наглядно це впливає на роботу систем опалення. Вони забезпечують теплом споживачів тільки в опалювальний період, а інший час (з квітня по жовтень) знаходяться у простої, здійснюючи ремонти, заміни та інші види робіт з підготовки до опалювального сезону.

Різні категорії споживачів по-різному впливають на формування попиту на послуги СІЗ. Так, для житлових будинків характерні ранкові і вечірні пікові потоки запитів на послуги і, відповідно, навантаження на СІЗ (рис. 1.2). Вони спричиненні біологічними ритмами життя мешканців: *ранковий підйом* – витрати електроенергії на особисту гігієну, приготування сніданку, перегляду новин, слухання музики тощо; *трудова активність* (зазвичай, поза межами житлових помешкань) – робота, навчання тощо; *домашнє господарювання* у вечірні години – прибирання, прання, приготування їжі, перегляд серіалів тощо; *нічний сон* – відпочинок без активного використання електроенергії.

У громадських будівлях, комунально-побутових закладах та на підприємствах потреба у послугах систем інженерного забезпечення залежить від графіків і режимів роботи цих об'єктів. Більшість виробничих підприємств, установ та закладів

працює у світлу пору доби (у 1-у і 2-у зміни). Тому їхні максимальні навантаження у СІЗ припадають на денні години. Встановлено, що для комунальних систем водопостачання, основними споживачами води є населення (понад 60%, а іноді і 90%) [33; 35]. Графіки розборів води із таких мереж водопостачання практично співпадають із графіками водоспоживання населенням. Аналогічна ситуація із попитом на інші життєво необхідні послуги має місце і для систем водовідведення, газопостачання та електропостачання. Однак, якщо у СІЗ відбувається регулювання послуг постачальниками (наприклад, подача води за графіком, виялові відключення електроенергії тощо), то графіки навантажень суттєво змінюються. Такі режими роботи СІЗ у мирний час пов'язані, в основному, із аваріями на об'єктах інженерного забезпечення або із екологічними катаклізмами чи економічними проблемами.

Відповідно до перманентних змін попиту змінюються і витрати води, газу та електроенергії у СІЗ. Щосекундні витрати дуже мінливі, але прогнозовані. Їхні величини протягом невеликого проміжку часу можуть бути осереднені з цілком допустимими для практичних розрахунків похибками відхилень ($\pm 5\%$). Тому, на практиці для розрахунків застосовують осереднені годинні витрати та ступінчасті графіки їх зміни протягом доби (рис. 1.4).

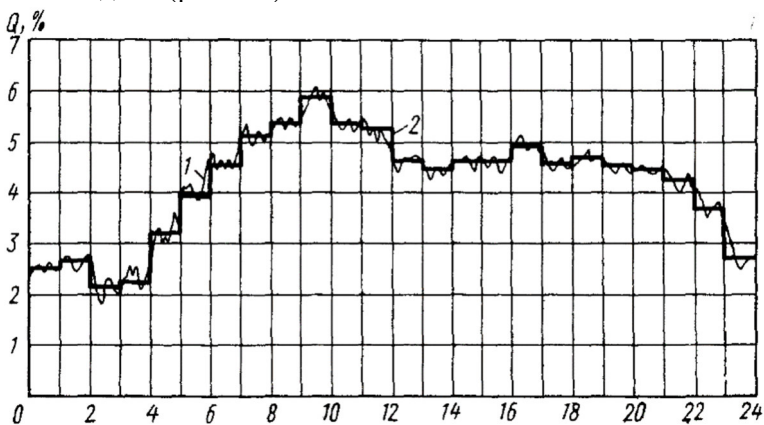


Рис. 1.4. Добовий графік споживання води, газу, електроенергії:
1 – фактичний; 2 – розрахунковий ступінчастий

Зазвичай, ступінчасті графіки будують для доби максимального споживання, а більшість розрахунків проводять для години максимального споживання (рис. 1.5).

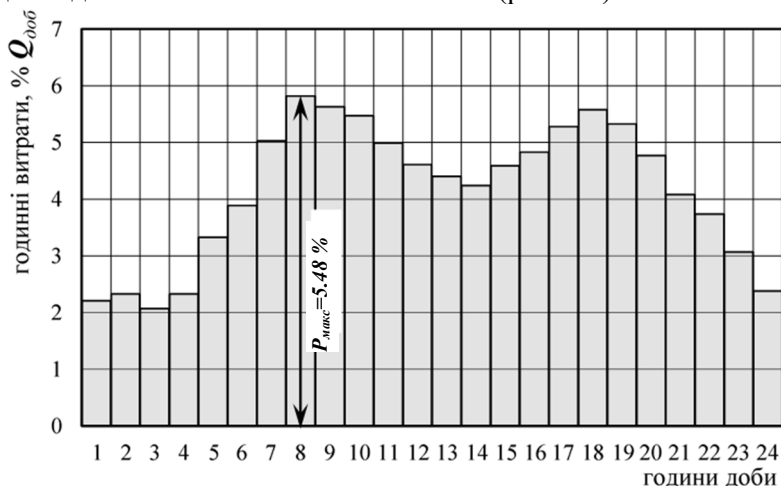


Рис. 1.5. Розрахунковий ступінчастий графік для доби максимального водоспоживання

Дещо по іншому відбувається задоволення попиту у централізованих системах теплопостачання. Користувачі можуть задовільнити свої потреби у разі обладнання теплонагрівачів регуляторами теплоти. Однак, у більшості сучасних помешкань такі регулятори відсутні, а там де вони встановлені збільшити відбір теплоти можна тільки до певної межі температурного режиму, визначеного теплопостачальним підприємством. Такі регулятори є найбільш ефективними для економії коштів на теплопостачання за рахунок зниження температури нагрівальних приладів за відсутності потреби у високих температурах у помешканнях. Регулювання температури теплоносія у таких системах здійснюється централізовано на котельнях чи ТЕЦ.

Культура та ощадливість користування послугами СІЗ вказує на раціональність використання доступних послуг. Це не тільки економія власних коштів на відмові від малокорисних потреб, але й зниження додаткових навантажень, а часто і перевантажень на СІЗ. Так, раціональне використання

водопровідної води у побуті (відмова від надмірних витрат води для особистої гігієни, повторне використання води при митті та ополіскуванні посуду, митті рук і змиву унітазів тощо), користування газовими приладами (підігрів мінімально необхідної кількості води для чаю чи кави, порції їжі, контроль за часом підігріву тощо), освітлення помешкань та використання побутових приладів (освітлення тільки місця перебування, мінімальне використання енергозатратних режимів побутового обладнання тощо) потребують свідомої організації побуту, енергоощадного обладнання помешкань (встановлення умивальників із запірними корками для зливу води, подача у змивні бачки умовно чистої використаної води, встановлення датчиків руху, застосування мало енергозатратних побутових приладів тощо). Такі заходи дозволяють економити сімейні бюджети і знизити навантаження на СІЗ, що дуже важливо для годин «пік», чи у випадках вимушених перебоїв у їх роботі або недостатній продуктивності джерел водопостачання, потужності електросистеми, запасів газу тощо.

Тарифи є ефективним чинником ощадливості у користуванні послугами СІЗ. Так, високі тарифи підсвідомо стимулюють до ощадливого користування послугами СІЗ. Однак, вони суттєво зменшують сімейні бюджети громадян із низькими доходами. Для ефективного функціонування СІЗ тарифи повинні бути дещо вищими за собівартість послуг. При занижених тарифах СІЗ потребують дотацій із міського бюджету, що має свої обмеження. Тому, величина тарифів повинна відповідати і платоспроможності громадян, і собівартості послуг, і стимулювати до ощадливого користування ними. Важливим чинником ощадливого користування і недопущення перевантаження СІЗ є багатоставкові тарифи (двох- або трьохставкові). Вони є набагато нижчими у години мінімальних навантажень на СІЗ (зокрема, у нічні години), що стимулює користувачів до свідомого користування послугами СІЗ саме у ці години (наприклад, автоматизоване прання білизни, підігрів води в електричних бойлерах). Це дає економію сімейних бюджетів та зниження пікових навантажень на СІЗ, не допускаючи перевантажень і збоїв у їхній роботі.

Режими роботи СІЗ, як систем масового обслуговування, знаходяться під дією випадкових факторів:

- **заявки на отримання** продуктів (послуг);
- **зовнішнього впливу**:
 - природного середовища;
 - елементів міської інфраструктури (транспорт, будівлі, споруди);
 - людського фактору тощо;
- **перманентних процесів старіння та зношення**:
 - зростання гідравлічних опорів труб через інкрустацію;
 - руйнування через корозію;
 - зниження з часом механічних властивостей (міцності, герметичності, еластичності).

Заявки на послуги СІЗ залежать від біологічних ритмів життя мешканців, їхніх гігієнічних та побутових потреб, технологічних процесів на виробництві. Зовнішній вплив обумовлений агресивною дією ґрунтових вод на металеві та бетонні елементи споруд СІЗ, осіданням ґрунтів, механічними навантаженнями і вібрацією від міського транспорту, будівництвом чи реконструкцією міських будівель і споруди, іншою господарською діяльністю людей.

Перманентні процеси старіння та зношення притаманні всім матеріальним об'єктам. Однак, для об'єктів СІЗ вони мають свої характерні особливості. Для більшості трубопровідних систем притаманна поява інкрустацій, корозія (рис. 1.6), зниження з часом міцності, герметичності, еластичності тощо.



Рис. 1.6. Приклади інкрустації труб продуктами солей жорсткості та руйнування через корозію

Контрольні питання

1. Призначення систем інженерного життєзабезпечення сучасного міста?
2. На яких законодавчих документах базується Улаштування систем інженерного забезпечення населених пунктів України?
3. Із функціонуванням яких інженерних систем життєзабезпечення пов'язане існування та розвиток сучасних населених пунктів?
4. Яку частку загальної вартості всієї забудови населених пунктів становить вартість об'єктів СІЗ?
5. У чому полягає вплив СІЗ на розвиток сучасних міст?
6. Яке підпорядкування мають СІЗ населених пунктів України?
7. Якою власністю є СІЗ?
8. Назвіть загальні вимоги до СІЗ.
9. Як розрахункова продуктивність СІЗ пов'язана із потоком попиту на їхні послуги?
10. Як пов'язані між собою надійність та економічність СІЗ?
11. Наведіть приклади порушень екологічної рівноваги при функціонуванні СІЗ.
12. Чим обумовлені специфічні вимоги до СІЗ?
13. Від яких факторів залежать запити користувачів на послуги СІЗ?
14. Як впливає кількість споживачів на витрати води, газу, електроенергії?
15. Як впливають біологічні ритми життя людей на попит послуг СІЗ?
16. Як пов'язані культура та ощадливість із раціональним використанням послуг СІЗ?
17. Як впливають тарифи на ощадливість при користуванні послугами СІЗ?
18. Які випадкові фактори впливають на режими роботи СІЗ?
19. Як впливають перманентні процеси старіння та зношення на функціонування СІЗ?

Розділ 2. Системи водопостачання

Система водопостачання – це комплекс інженерних споруд (будівель, комунікацій, устаткування) призначених для добування води з природних джерел, поліпшення її якості, зберігання запасів, транспортування й розподілу споживачам на території об'єкта водопостачання.

2.1. Класифікація систем водопостачання

Тип системи водопостачання та її схему приймають залежно від наявних джерел води, вимог до якості води і забезпеченості її подачі, розрахункових витрат, характеристик, особливих умов та обмежень об'єкта водопостачання тощо. Системи водопостачання класифікують за такими основними ознаками [22, п. 8.1]:

а) за ступенем централізації:

- **централізовані**, що здійснюють постачання питної води у населеному пункті або для більшості його споживачів;
- **групові** – забезпечують постачання води для декількох населених пунктів і (або) окремих суб'єктів господарювання, розташованих на значних відстанях один від одного;
- **нецентралізовані (локальні чи місцеві)** – постачають воду в окремі райони населених пунктів і (або) окремим суб'єктам господарювання;
- **індивідуальні** – забезпечують питною водою окремих споживачів або будинки;

б) за призначенням:

- **комунальні** – забезпечують постачання питної води населенню, комунальним, побутовим та громадським установам і закладам, а також окремим підприємствам;
- **виробничі (промислові)** – постачають воду промисловим підприємствам (часто не питної якості);
- **протипожежні** – забезпечують постачання води на цілі пожежогасіння;
- **поливальні і сільськогосподарські** – постачають воду для поливу рослин і задоволення сільськогосподарських

потреб (напування тварин, догляд за ними, миття техніки тощо);

в) за ступенем охоплення потреб споживачів:

- ✓ **об'єднані** – забезпечують водою два та більше видів споживачів (населення, підприємства, пожежогасіння, для благоустрою тощо) та різних варіантів їх поєднання;
- ✓ **- роздільні** – забезпечують питні та господарсько-побутові потреби окремо від виробничих потреб, при цьому потреби на пожежогасіння можуть забезпечуватися самостійно або спільно із зазначеними системами.

г) за видом джерел водопостачання:

- з використанням *підземних* або *поверхневих* вод;

д) за способом подачі і розподілу води:

- **самопливні** (*гравітаційні*) – забезпечують подачу води під дією сил гравітації за рахунок вигідного висотного розташування джерел водопостачання і споживачів;
- **напірні** – з примусовою подачею води насосами;
- **комбіновані** – поєднують подачу води споживачам насосами та самопливом.

Найчастіше у населених пунктах України влаштовують **централізовані системи водопостачання**, що забезпечують постачання питної води на господарсько-питні цілі населення, потреби комунально-побутових закладів, громадських установ та окремих виробничих підприємств і гасіння пожеж [22, п. 8.3]. Такі системи є **об'єднаними** (господарсько-питні з виробничими та протипожежними) [22, п. 8.1 і 6.2.1].

Більшість систем водопостачання населених пунктів України є **об'єднаними**, тобто такими, що задовольняють потреби у воді всіх категорій її споживачів (населення, комунально-побутові заклади, громадські установи, виробничі підприємства) і гасіння пожеж. Вони забезпечують подачу розрахункових витрат питної води для задоволення [22, п. 8.3]:

- *питних та господарсько-побутових потреб* населення;
- *потреб підприємств* виробничого та іншого призначення, де потрібна вода питної якості;

- *потреб на гасіння пожеж;*
- *поточних витрат* на підприємствах житлово-комунального господарства та з *благоустрою територій.*

При відповідному техніко-економічному обґрунтуванні [22, п. 8.2] для одного населеного пункту влаштовують дві або більше системи водопостачання: **міську (комунальну)** з подачею питної води для населення, комунально-побутових та громадських закладів і, можливо, окремих підприємств; **виробничі** – для забезпечення технологічних потреб окремих або групи промислових підприємств, що потребують значних витрат води не питної якості, а також на поливання міських чи агропромислових територій. Однак, у більшості випадків, за потреби, кожен із цих систем об'єднують з **протипожежними водопроводами**. Окремі протипожежні водопроводи у населених пунктах не влаштовують, так як це пов'язано із значними матеріальними витратами та складністю експлуатації. Окремі протипожежні водопроводи можуть бути влаштовані на підприємствах, що мають високі вимоги до пожежної безпеки. При цьому витрати на їх влаштування та утримання не повинні перевищувати збитків від ймовірних пожеж.

2.2. Споруди систем водопостачання

Залежно від розмірів об'єкта водопостачання, продуктивності та місць розташування джерел водопостачання, рельєфу та інших місцевих умов систему водопостачання влаштовують за відповідною **схемою**, на якій вказують взаємне розташування основних водопровідних споруд (водозабірних, водопідготовки, насосних станцій, резервуарів чистої води, водонапірних башт тощо), трас водоводів та водопровідної мережі (рис. 2.1).

Споруди систем водопостачання великих і навіть середніх міст розташовані на значній території – у межах міста, його околицях і навіть у інших територіально-адміністративних утвореннях. Ці відстані вимірюються десятками, а інколи і сотнями кілометрів, що обумовлено місцезнаходженням джерел водопостачання з необхідними запасами природних вод потрібної якості.

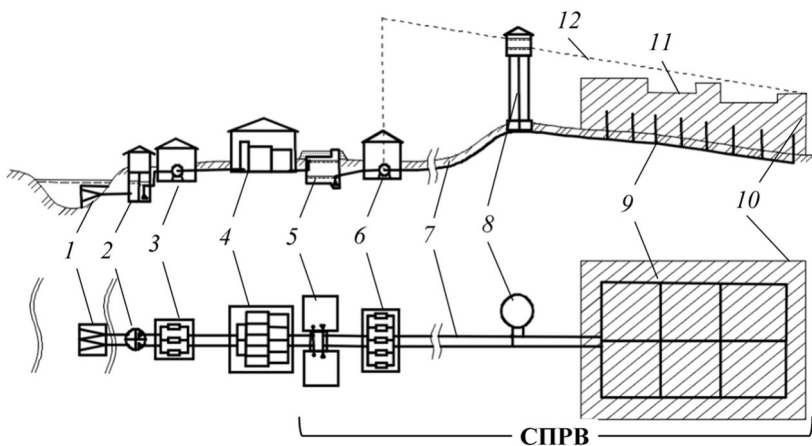


Рис. 2.1. Схема системи водопостачання з поверхневого водного джерела:

1 – водозабірний оголовок; *2* – береговий колодезь; *3* – насосна станція 1-го підйому; *4* – водопровідні очисні споруди; *5* – резервуари чистої води; *6* – насосна станція 2-го підйому; *7* – водоводи; *8* – водонапірна башта; *9* – водопровідна мережа; *10* – об'єкт водопостачання; *11* – лінія необхідних напорів; *12* – п'єзометрична лінія вільних напорів

На території джерел водопостачання розташовані водозабірні споруди [36]:

- **із поверхневих джерел** (річки, озера, водосховища):
 - *берегові* (рис. 2.2): водоприймальні колодезі і водопровідна насосна станція I-го підйому (ВНС-I);
 - *руслові* (рис. 2.3): водозабірні оголовки, самопливні або сифонні водоводи, береговий колодезь і ВНС-I;
- **із підземних джерел** (артезіанські або ґрунтові):
 - *водозабірні свердловини*: напірні (рис. 2.4) або безнапірні;
 - *шахтні колодезі* з прийманням води через до і (або) бокові стінки (рис. 2.5);
 - *каптажі* на висхідних або низхідних (рис. 2.6) джерелах (забір води через дно або через стінки);

- *горизонтальні водозабори*: променеві (рис. 2.7) або галерейні.

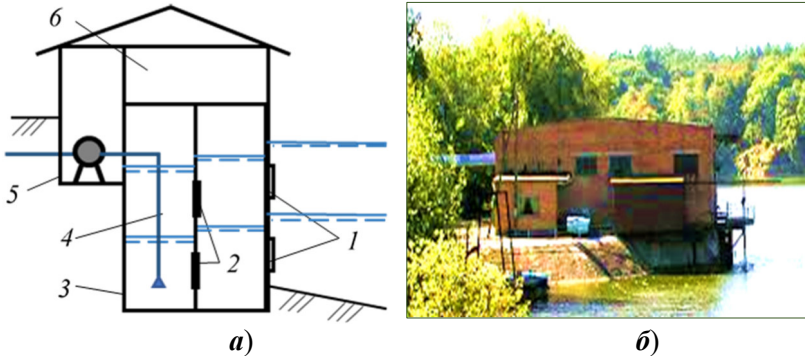


Рис. 2.2. Береговий водозабір: *а*) у розрізі; *б*) зовнішній вид;
 1 – водоприймальні вікна, перекриті решітками; 2 – вікна з плоскими сітками; 3 – береговий колодязь; 4 – всмоктувальний трубопровід;
 5 – насосна станція 1-го підйому; 6 – павільйон

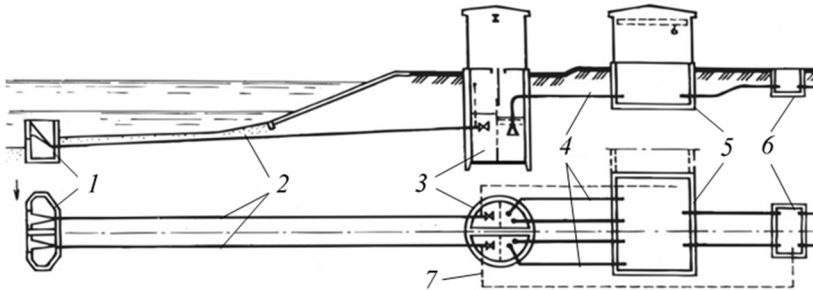


Рис. 2.3. Русловий водозабір:
 1 – русловий водоприймальний оголовок; 2 – самопливні лінії;
 3 – береговий колодязь; 4 – всмоктувальні лінії; 5 – насосна станція 1-го підйому; 6 – камера переключень; 7 – промивні лінії

При заборі води з поверхневих джерел через водозабірні споруди підземних вод у товщі водопроникної породи затримуються завислі речовини. Такі водозабори називають інфільтраційними. Їх влаштовують на берегах водойм у піщаних та гравійних ґрунтах з хорошими фільтраційними властивостями.

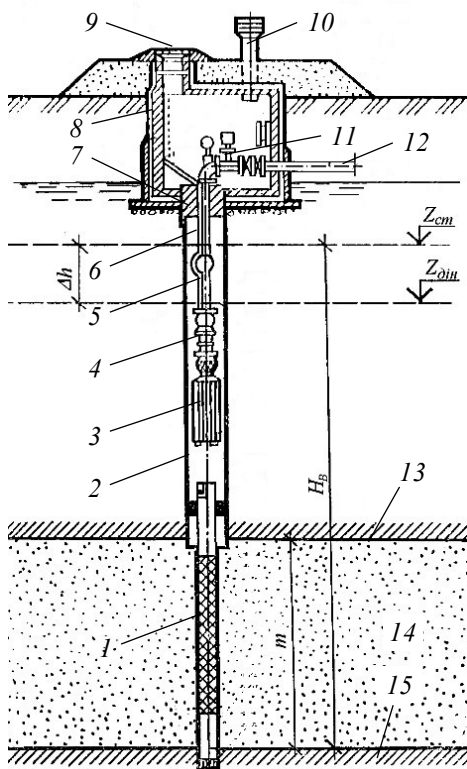
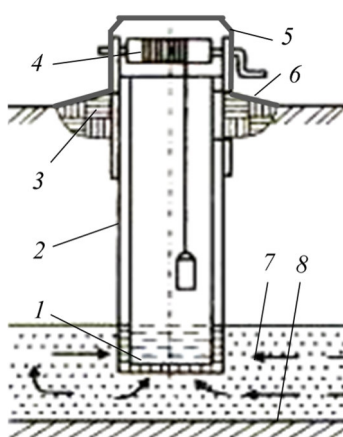


Рис. 2.4. Артезіанська (напірна) свердловина:

- 1 – фільтрова колона;
- 2 – колона обсадних труб;
- 3 – електричний двигун;
- 4 – свердловинний насос;
- 5 – водопідйомна труба;
- 6 – електричний кабель;
- 7 – оголовок; 8 – павільйон;
- 9 – люк; 10 – вентиляційна труба;
- 11 – трубопровідна і вимірювальна арматура;
- 12 – трубопровід подачі води;
- 13 – покрівля водоносного пласта;
- 14 – водоносний пласт;
- 15 – водоупор (підощва);
- Δh – пониження рівня води;
- $Z_{ст}$ і $Z_{дин}$ – статичний і динамічний рівні води;
- m – потужність (висота) водоносного пласта

Водопровідні насосні станції I-го підйому (ВНС-I) подають воду від джерел водопостачання на водопровідні очисні споруди (ВОС). ВНС-I можуть бути влаштовані в окремих приміщеннях (рис. 2.3) або у берегових приймальних колодязях поверхневих чи інфільтраційних водозаборів (рис. 2.7). На підземних водозаборах окремі ВНС-I влаштовують рідко, зазвичай, при зборі води від окремих водозабірних споруд за допомогою вакуумних (сифонних) водоводів. Найчастіше подачу води здійснюють глибинні насоси, встановлені у свердловинах чи шахтних колодязях (рис. 2.4 і 2.7). Така компоновка і поєднання водозабірних споруд із водопідйомними насосами, а по суті з ВНС-I, дозволяє суттєво економити території і кошти.

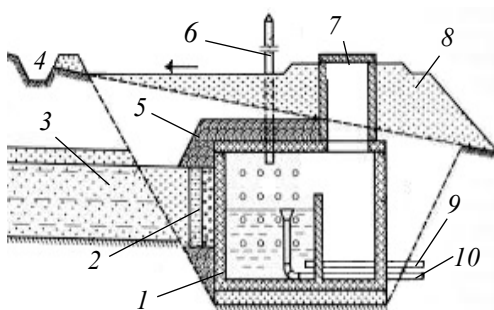


а)

б)

Рис. 2.5. Шаховий колодязь: *а)* у розрізі; *б)* зовнішній вид;

1 – водоприймальна частина (через дно і (або) через стінки);
2 – ствол; 3 – глиняний замок; 4 – коловорот; 5 – шатровий дах;
6 – відмостка; 7 – водоносна порода; 8 – водоупорний пласт



а)

б)

Рис. 2.6. Низхідний каптаж:

а) у розрізі; *б)* павільйон над каптажем; 1 – водоприймальна камера із дірчатими стінками; 2 – зворотній фільтр; 3 – водоносна порода;
4 – водовідвідна канава; 5 – глиняний замок; 6 – вентиляційна труба;
7 – люк для входу у камеру; 8 – насипний ґрунт; 9 – водовідвідна труба;
10 – переливна труба

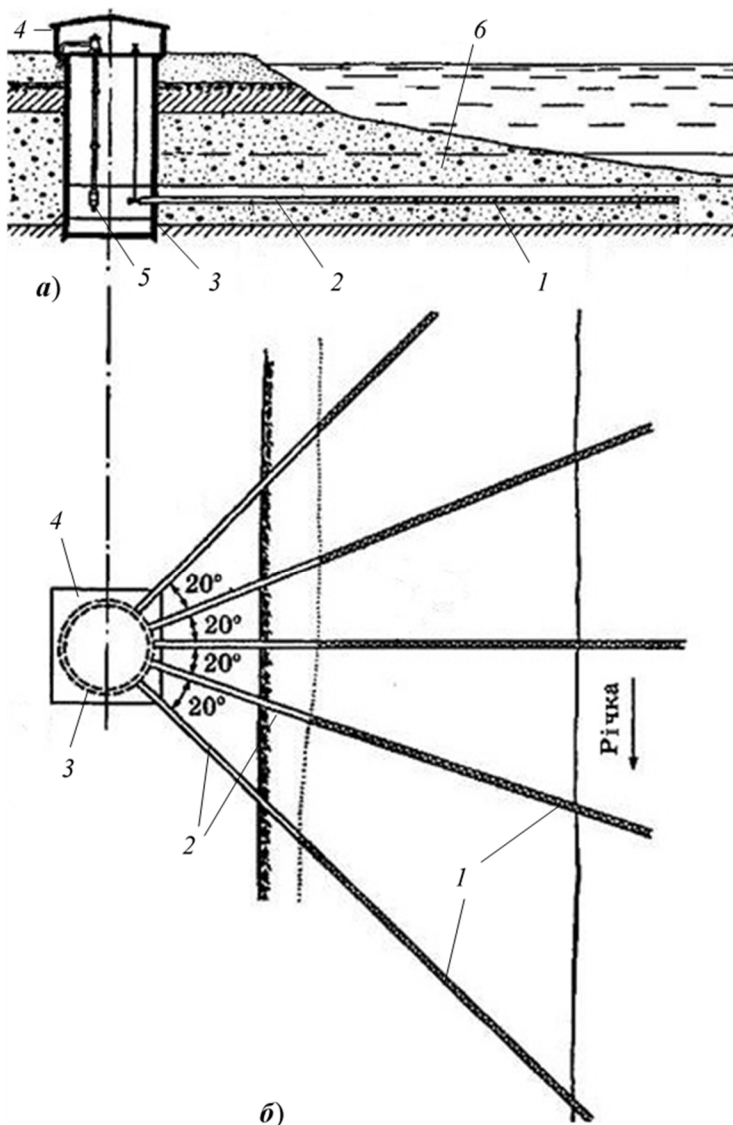


Рис. 2.7. Променевий водозабір:

a) у розрізі; *б)* у плані; 1 – перфоровані труби; 2 – труби без перфорації; 3 – береговий шахтний колодязь; 4 – наземний павільйон; 5 – водопідйомне обладнання; 6 – водопроникна порода

На водопровідних очисних споруди (ВОС), які ще називають фабриками чистої води, природну воду очищають від механічних, хімічних і бактеріальних забруднень, доводячи її якість до чинних стандартів на питну воду [24]. Відповідно до видів і кількості забруднень природних вод визначають технологічну схему поліпшення їхньої якості (рис. 2.8).

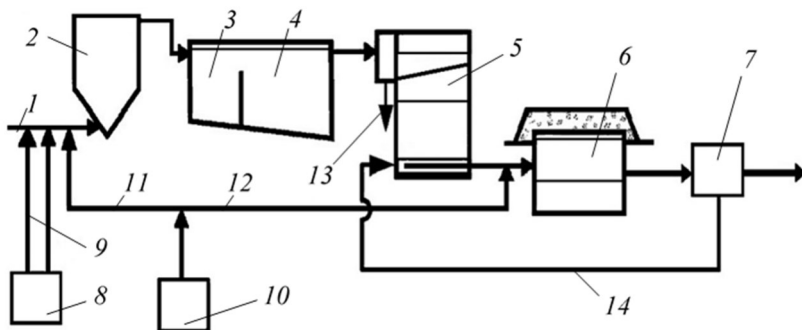


Рис. 2.8. Реагентна технологічна схема поліпшення якості води з горизонтальними відстійниками і швидкими фільтрами:

1 – подача води від ВНС-I; 2 – змішувач; 3 – камера утворення пластивців; 4 – горизонтальні відстійники; 5 – швидкі фільтри; 6 – резервуари чистої води; 7 – ВНС-II; 8 – реагентне господарство; 9 – подача коагулянтів і флокулянтів; 10 – хлораторна; 11 і 12 – первинне і вторинне хлорування; 13 – скид промивної води; 14 – подача промивної води на фільтри

Очищення води на ВОС здійснюють відстоюванням у відстійниках (горизонтальних, вертикальних чи тонкошарових) і фільтруванням (швидких або повільних фільтрах) чи контактних освітлювачах (рис. 2.9). Для інтенсифікації процесів очистки у воду вводять реагенти (сірчаноокислий алюміній, хлорне залізо, різного роду флокулянти тощо). Очищену воду знезаражують хлормісткими реагентами (рідкий хлор, хлорне вапно, гіпохлорид натрію тощо), озоном або ультрафіолетовим промінням. Очищена вода після ВОС поступає у резервуари чистої води (РЧВ) (рис. 2.10), із яких до об'єкта водопостачання вода подається водопровідними насосними станціями 2-го (ВНС-II), а за потреби і вищих підйомів (рис. 2.11).



Рис. 2.9. Фільтрувальна зала ВОС



Рис. 2.10. Резервуари чистої води (РЧВ): види зовні та із середини



Рис. 2.11. Будівля і машинна зала сучасної ВНС

На території об'єкта водопостачання заходяться водопровідні мережі, що доставляють воду до кожного споживача. Водонапірні башти найчастіше влаштовують для невеликих об'єктів. Всі ці об'єкти входять до складу систем подачі та розподілення води (СПРВ).

2.3. Системи подачі та розподілення води (СПРВ)

Системи подачі та розподілення води (СПРВ) є найбільшою за масштабами і вартістю частиною сучасних системи водопостачання населених пунктів. Споруди СПРВ розташовані по всій території населеного пункту і, навіть, у його околицях. Вони забезпечують **зберігання, подачу, транспортування і розподілення води** до окремих споживачів на їх території.

2.3.1. Структура, класифікація, типи та схеми СПРВ

До складу СПРВ входять (рис. 2.12): *резервуари чистої води (РЧВ); водопровідні насосні станції 2-го підйому (ВНС-II), за потреби і вищих (3-го, 4-го і т.д.); водоводи; водопровідні мережі; водонапірні башти (за наявності)*. Продуктивність, кількість та розміри цих споруд для конкретного об'єкта водопостачання будуть різними. Вони залежать від об'ємів водоспоживання та місцевих умов: рельєфу місцевості, планувальної структури і площі міської забудови, характеру і висотності забудови, кількості джерел водопостачання і точок живлення водопровідної мережі тощо. Важливе значення для формування структури СПРВ мають історичні аспекти розвитку систем водопостачання в цілому у конкретних населених пунктах, традиції і культура водокористування їх жителів.

Важливою особливістю СПРВ є те, що всі споруди, що входять до її складу, знаходяться у тісному гідравлічному взаємозв'язку. У них режими роботи одних споруд залежать від режимів інших. Так, зміна напорів у водопровідній мережі на пряму залежить від напорів на виході із ВНС 2-го підйому. І навпаки зміна режимів розбору води у водопровідних мережах безпосередньо впливає на продуктивність і напори ВНС. Суттєве значення мають параметри водонапірних башт або їх відсутність.

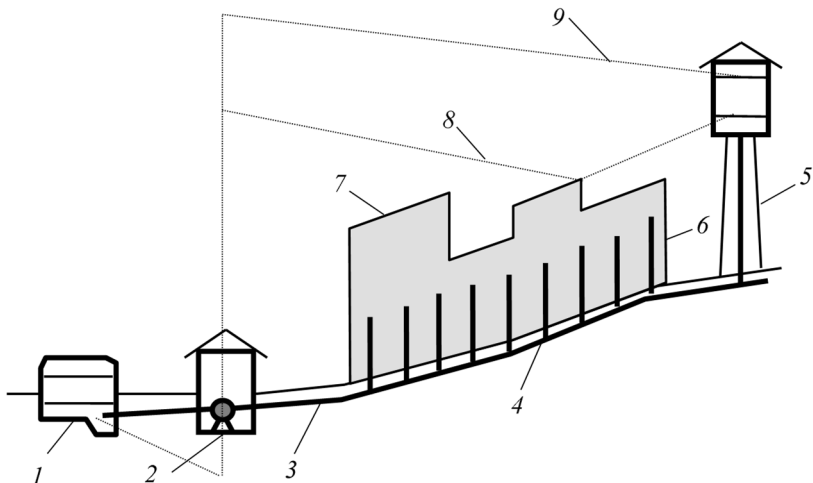


Рис. 2.12. Основні елементи СПРВ:

1 – резервуар чистої води; 2 – ВНС 2-го підйому; 3 – водоводи; 4 – водопровідна мережа; 5 – водонапірна башта; 6 – об’єкт водопостачання; 7 – лінія необхідних напорів; 8 – п’єзометрична лінія вільних напорів при максимальному водоспоживанні; 9 – теж, при максимальному транзиті води у башту

Зберігання води в СПРВ здійснюють у напірно-регулювальних спорудах: **резервуарах чистої води (РЧВ), водонапірних баштах** чи **колонах** [33, розділ 9]. У них зберігають *регулювальні, протипожежні, аварійні* та запаси води *на власні потреби*. Види запасів та об’єми води, що зберігають в одній споруді, залежать від типу споруди, місця її розташування та призначення.

Подачу води в СПРВ здійснюють **насосні станції** другого і вищих підйомів [33, розділ 10]. Найчастіше вони забирають воду із РЧВ. **Підкачувальні насосні станції** можуть забирати воду безпосередньо із трубопроводів мережі і подавати її окремим споживачам або інші зони чи райони мережі.

Транспортування води джерел до об’єктів водопостачання здійснюють по **водоводах**, які, зазвичай, мають значну довжину, що часто вимірюється десятками, а інколи і сотнями кілометрів [33, розділ 5].

Розподілення води на території об'єкта водопостачання з доставкою її до окремих споживачів забезпечують **водопровідні мережі**. Це найбільш масштабна частина СПРВ. Їх прокладають від точок живлення СПРВ до кожного споживача води. Тому вони мають значну сумарну довжину (десятки, сотні і навіть тисячі кілометрів в одному населеному пункті). Їх влаштовують із труб різних діаметрів і матеріалів на вулицях і всередині кварталів міської забудови.

Всі ці споруди знаходяться не тільки у *технологічному*, але й у тісному *гідравлічному взаємозв'язку*. Від показників нагнітальної дії насосів ВНС залежать параметри транспортування і розподілу води (витрати води, втрати напорів), зміни рівнів води у РЧВ і водонапірних баштах, напори і витрати води у місцях розбору води тощо. І навпаки, зміни розбору води споживачами (зокрема, для гасіння пожеж), її витоки через пошкодження чи аварії призводять до зміни режимів роботи насосів та їх показників. Так, у години максимального водоспоживання зростає подача води насосними станціями, зростають витрати води у водоводах і водопровідній мережі (як наслідок, зростають і втрати напорів) і знижуються вільні напори у споживачів. Часто вони стають меншими за необхідні і споживачі на верхніх поверхах будинків не отримують води. У години мінімального водоспоживання (нічні години) розбори води суттєво зменшуються, зменшуються витрати води і втрати напорів у водоводах і у водопровідній мережі, що призводить до збільшення вільних напорів у споживачів. Часто вони стають більшими за максимально допустимі, що є причиною зростання аварійності трубопроводів та втрат води через витоки. Тому, для забезпечення нормативних вимог до структури СПРВ та оптимальних показників її роботи у процесі тривалого функціонування необхідно дотримуватись відповідних правил при проектуванні, будівництві та експлуатації, як окремих споруд СПРВ, так і у їхній взаємодії.

Основними умовами ефективної роботи СПРВ є виконання таких вимог:

1. Забезпечення споживачів **розрахунковими витратами води питної якості** на:

- господарсько-питні потреби у житлових і громадських будівлях, комунально-побутових закладах і виробничих підприємствах;
 - виробничі потреби промислових і сільськогосподарських підприємств, де потрібна вода питної якості;
 - гасіння пожеж;
 - благоустрій територій (робота фонтанів, полив зелених насаджень тощо).
2. Створення і підтримування **необхідних напорів** у місцях розбору води при змінні режимів водоспоживання;
 3. Створення і зберігання **розрахункових запасів** води;
 4. **Надійність і безперервність** роботи відповідно до прийнятої категорії СПРВ за рівнем забезпеченості подачі води;
 5. Забезпечення оптимальних величин **техніко-економічних показників** (чистого дисконтованого доходу, мінімальної собівартість води, строку окупності тощо);
 6. Недопущення **вторинного забруднення** води та **порушення екологічної рівноваги** при роботі СПРВ.

Виконання цих вимог здійснюється правильним вибором не тільки складу СПРВ, але й їхніх оптимальних параметрів і режимів сумісної роботи усіх споруд для різних (змінних у часі) режимів водоспоживання, які часто коливаються у широких межах. Тому на практиці важливе значення має два підходи, що взаємно доповнюють один одного: набутий досвід проектування, будівництва та утримання СПРВ; оптимізаційні розрахунки, з визначення складу СПРВ, розмірів і параметрів роботи.

Склад і схема СПРВ кожного об'єкта водопостачання залежить від багатьох факторів. Основні із них – це продуктивність та масштабність СПРВ, площа території та рельєф місцевості, кількість та віддаленість джерел живлення, кількість та розташування споживачів води на території, їх вимоги щодо забезпеченості подачі води, величини необхідних вільних напорів (залежно від поверховості забудови) тощо. За найбільш впливовими факторами СПРВ [33] можна класифікувати за шістьма ознаками (рис. 2.13).

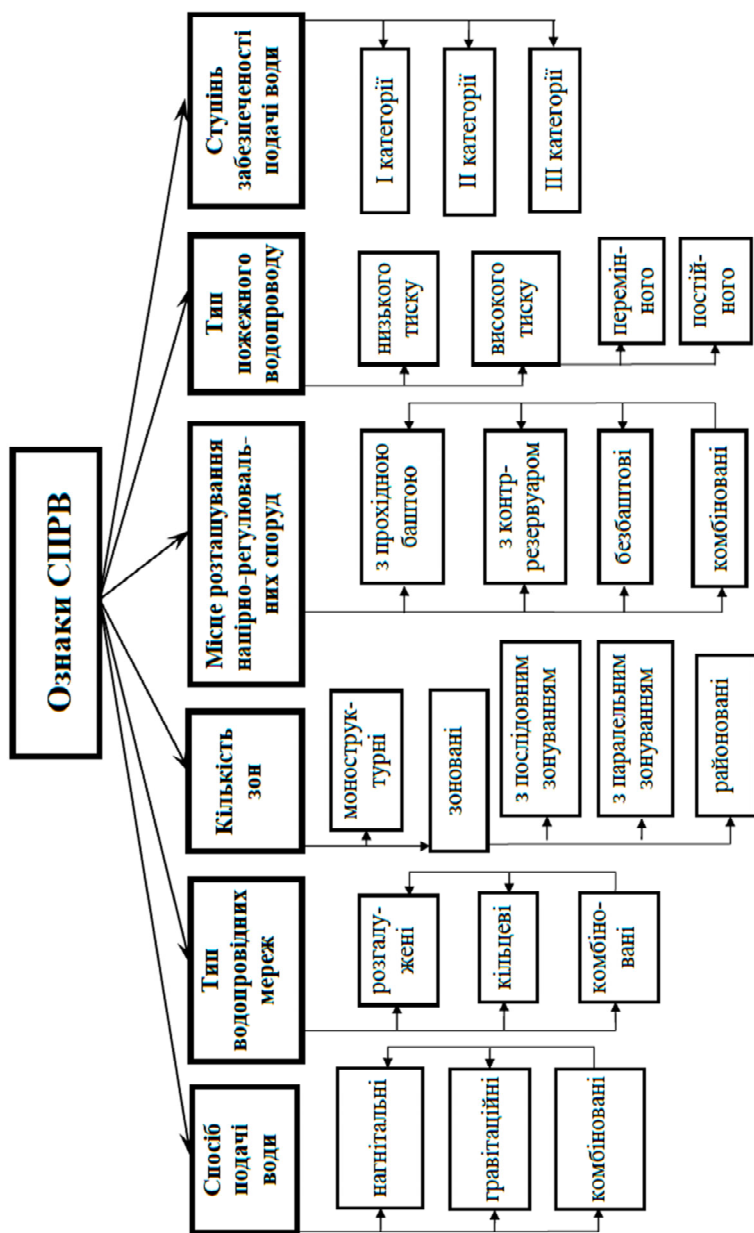


Рис. 2.13. Класифікації СПРВ за основними ознаками

За способом подачі води СПРВ поділяють на: *нагнітальні, гравітаційні і комбіновані* (рис. 2.14).

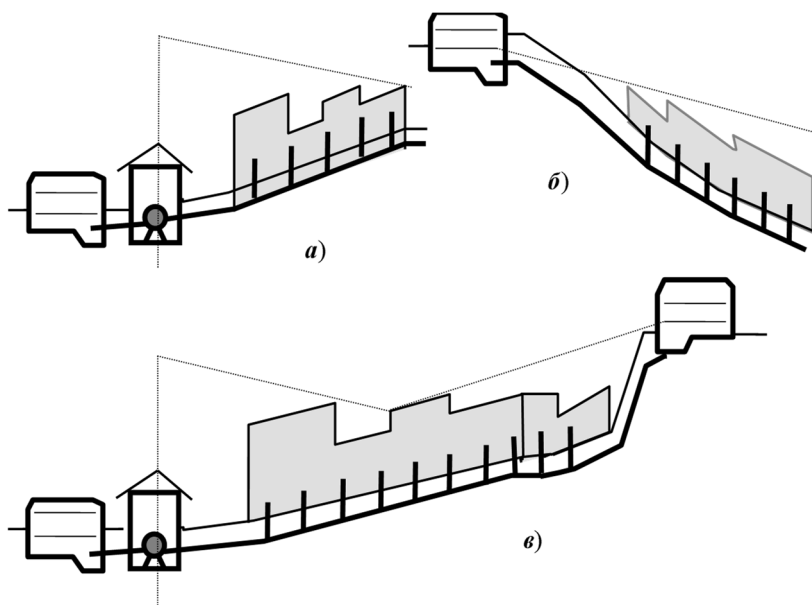


Рис. 2.14. Типи СПРВ за способом подачі води:
а) нагнітальні; б) гравітаційні; в) комбіновані

Нагнітальні СПРВ (рис. 2.12, 2.14, а) мають найбільше поширення у сучасних системах водопостачання населених пунктів. Це зумовлено взаємним розташуванням джерел і об'єктів водопостачання. Подача води у СПРВ здійснюється за рахунок нагнітальної дії насосів ВНС 2-го і вищих підйомів.

Гравітаційні СПРВ (рис. 2.14, б) мають значно менше поширення у порівнянні із нагнітальними. Їх вигідно застосовувати у гірських районах, де необхідні напори забезпечуються природним розташуванням джерел і об'єктів водопостачання. Гравітаційні СПРВ можуть бути *напірними* (подача води під тиском) і *безнапірними* (самопливними) з транспортуванням води із відкритою поверхнею у трубах, каналах чи лотках. Безнапірні СПРВ застосовують тільки для доставки води без її розподілу і подачі споживачам.

Комбіновані СПРВ (рис. 2.14, в) отримують живлення двома способами: насосами із джерел, розташованих нижче об'єкта водопостачання і за рахунок сил гравітації із джерел, розташованих значно вище об'єктів водопостачання. Такі СПРВ, як і гравітаційні, мають поширення у гірських районах. Їх застосовують при недостатній продуктивності гірських джерел.

За типом водопровідних мереж СПРВ можуть бути *розгалуженими, кільцевими або комбінованими* (рис. 2.15).

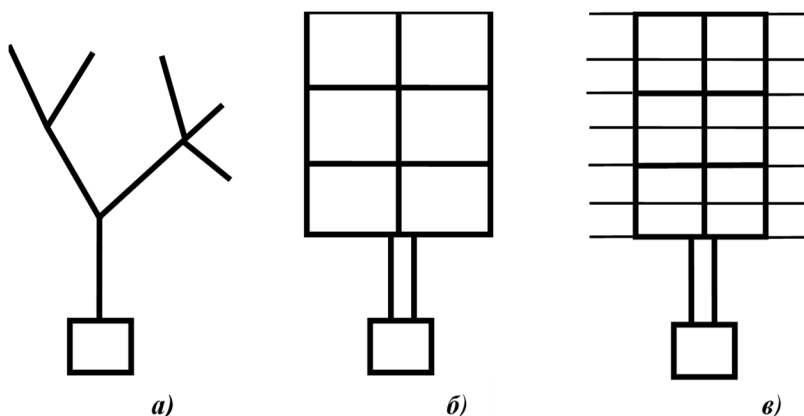


Рис. 2.15. Типи водопровідних мереж:
а) розгалужені; б) кільцеві; в) комбіновані

Розгалужені або **тупикові** мережі є найбільш доцільними з економічної точки зору. Однак, вони не є надійними, тому що вихід із ладу однієї ділянки призводить до припинення подачі води усім споживачам, що розташовані далі за цією ділянкою від точки живлення мережі. Тому їх застосування є обмеженим, за чинним нормативом [22, п. 12.5] – тільки для таких випадків:

- подачі води на виробничі потреби, якщо допустима перерва у водопостачанні на час ліквідації аварії;
- подачі води на господарсько-питні потреби при діаметрі труб до 100 мм;
- подачі води на об'єднане питне і протипожежне водопостачання або тільки на протипожежне водопостачання (незалежно від витрат води на гасіння

пожеж) при довжині ліній до **200 м** та за наявності у кінці цієї лінії споживачів з постійним відбором води.

Кільцеві мережі є найбільш надійними, але у порівнянні із тупиковими мають більшу довжину і вартість. Однак, найбільш відповідальні лінії мереж (магістральні) влаштовують саме кільцевими, як більш надійними.

Комбіновані мережі мають найширше застосування в СПРВ населених пунктів України. При цьому магістральні лінії влаштовують кільцевими, а розподільчі – як кільцевими (у середині «кілець» магістральних ліній), так і тупиковими (із дотриманням вище наведених нормативних вимог).

За кількістю зон СПРВ можуть бути *моноструктурними* або *зонними* (рис. 2.16).

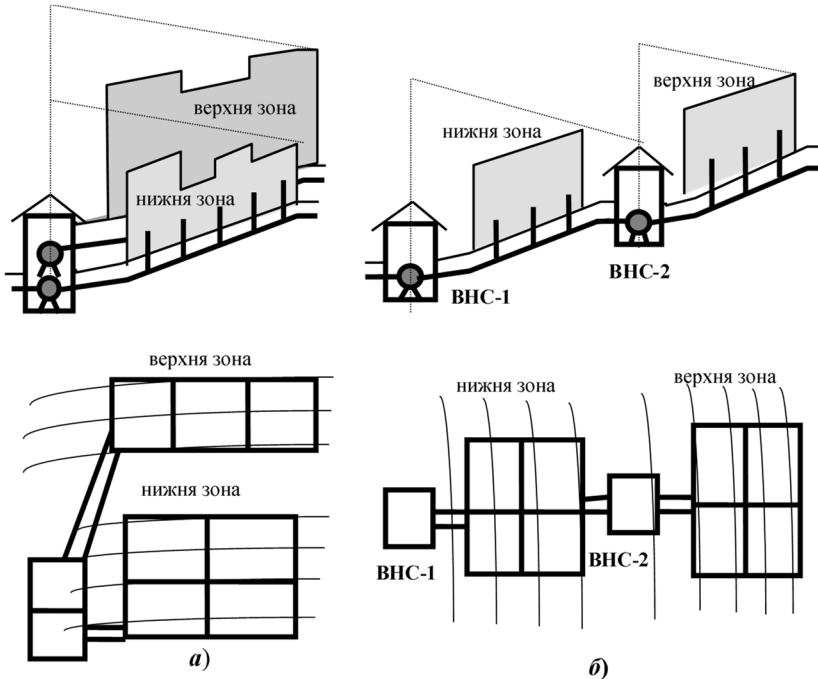


Рис. 2.16. Зонні СПРВ:

а) з паралельним зонуванням; *б)* з послідовним зонуванням

Моноструктурні (однозонні) СПРВ влаштовують для невеликих об'єктів і при відносно плоскому рельєфі та однотипній за висотою будівель забудові (рис. 2.12, 2.14).

Зонні СПРВ (рис. 2.16) поділені на кілька частин (зон), кожна з яких можна розглядати як моноструктурну.

Залежно від *принципу зонування* виділяють такі типи СПРВ:

- з паралельним зонуванням (рис. 2.16, а) від однієї насосної станції у різні зони мережі подають воду різними групами насосів з різною подачею і різними напорами на виході;
- з послідовним зонуванням (рис. 2.16, б) вода поступає послідовно у зони мережі: спочатку ВНС-1 (першої, найнижчої зони) подає сумарні витрати води для споживачів усіх зон, але з напорами достатніми тільки для споживачів першої зони; ВНС-2 (другої зони) подає витрати води для споживачів усіх зон, розташованих вище, але з напорами достатніми тільки для споживачів другої зони і т.д.;
- у районованих СПРВ (рис. 2.19) виділяють магістральну мережу, що забезпечує доставку води до всіх територіальних районів, у яких формують окремі зони і підзони мережі залежно від рельєфу території, висотності забудови тощо.

Місце розташування напірно-регулювальних споруд (рис. 2.17) відносно основних точок живлення водопровідної мережі (від насосних станцій чи гірських джерел) змінює схему подачі води в СПРВ та її конструктивну схему. Це стосується напірно-регулювальних споруд (найчастіше *водонапірних башт*), які, зазвичай, влаштовують у місцях із найвищими геодезичними позначками на території об'єкта водопостачання.

У СПРВ із прохідною баштою (рис. 2.17, а) живлення водопровідної мережі є *одностороннім*: від ВНС і водонапірної башти вода поступає в одну і ту ж точку водопровідної мережі. При цьому у години максимального водоспоживання вода подається і від насосної станції і від башти, а коли подача насосної станції перевищує розбір води у мережі, її надлишки акумулюються у водонапірній башті.

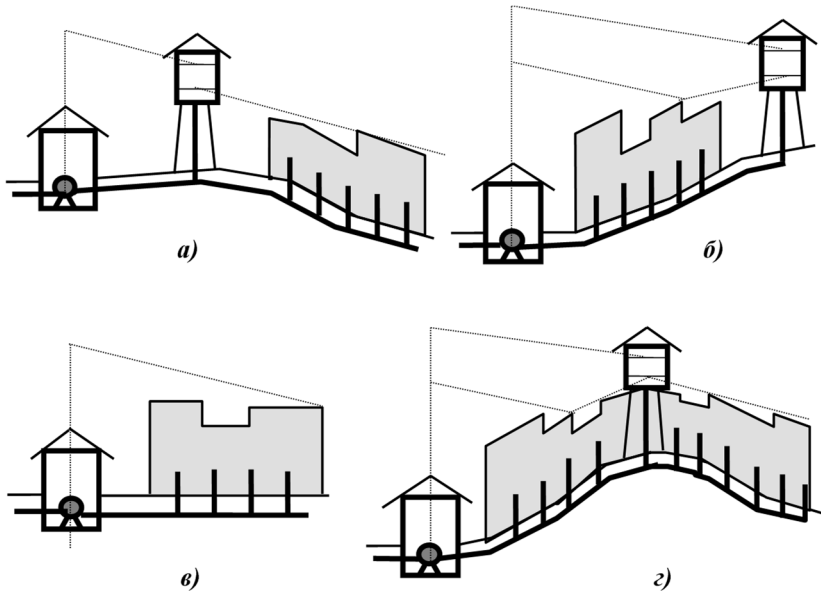


Рис. 2.17. Типи СПРВ за місцем розташування напірно-регулювальних споруд відносно точок живлення водопровідної мережі:

а) з прохідною баштою; *б)* з контррезервуаром; *в)* безбаштова; *з)* комбінована

У СПРВ із контррезервуаром (рис. 2.17, б) водопровідна башта розташована з протилежної сторони мережі відносно насосної станції. При максимальному водоспоживанні мережа живиться з двох сторін: від насосної станції й від башти. Коли подача насосної станції перевищує розбір з мережі, надлишки води транзитом проходять через неї і акумулюються у баці водонапірної башти.

У безбаштовій СПРВ (рис. 2.17, в) водопровідна башта відсутня. Мережа живиться тільки від насосної станції, а регулювання її подачі при зміні водоспоживання здійснюють за рахунок включення різної кількості насосів, саморегулювальної здатності відцентрових насосів або регулювання частоти обертів насосів [33, розділи 10 і 11].

У **комбінованій СПРВ** (рис. 2.17, *г*) одна частина водопровідної мережі працює як СПРВ із контррезервуаром, а інша – як із прохідною баштою, або як безбаштова.

За способом подачі води на гасіння пожеж (для об'єднаних та протипожежних водопроводів) СПРВ влаштовують *низького* або *високого* тисків (рис. 2.18).

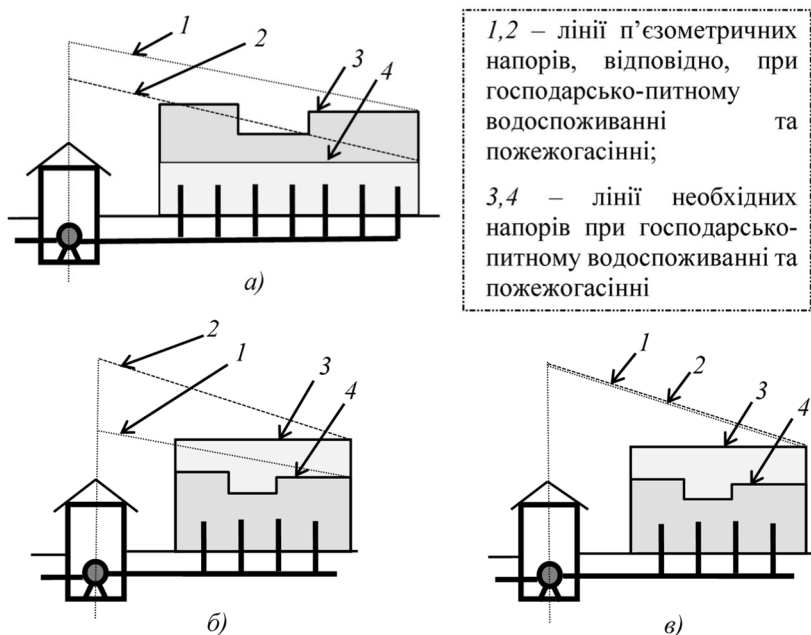


Рис. 2.18. Типи СПРВ за видом протипожежних водопроводів:
а) низького тиску; *б*) високого перемінного тиску; *в*) високого постійного тиску

У **протипожежних водопроводах низького тиску** (рис. 2.18, *а*) мінімальні вільні напори у водопровідній мережі (на рівні поверхні землі) під час пожежогасіння повинні бути не менше ніж 10 м [22, п. 6.3.4]. Ці вільні напори необхідні для швидкого запуску мобільних насосів пожежних автомобілів, які забезпечують потрібні напори для гасіння пожеж у будівлях різної висоти.

У протипожежних водопроводах високого тиску (рис. 2.18, б та 2.18, в) у водопровідній мережі під час гасіння пожеж необхідно забезпечити вільні напори достатні для створення компактної частини струменя висотою не менше 10 м для подачі розрахункової пожежної витрати при розташуванні пожежного ствола на рівні верхівки даху найвищої будівлі [22, п. 6.3.4].

У протипожежних водопроводах високого перемінного тиску (рис. 2.18, б) за відсутності пожежогасіння працюють господарсько-питні насоси. Для подачі води на гасіння пожеж вмикають більш потужні пожежні насоси, які подають збільшені витрати води із більшими напорами ніж господарсько-питні.

У протипожежних водопроводах високого постійного тиску (рис. 2.18, в) незалежно від наявності пожежогасіння воду весь час подають із збільшеними напорами, які необхідні для гасіння пожеж. Такі СПРВ мають високу готовність до подачі води на цілі пожежогасіння.

За ступенем забезпеченості подачі води СПРВ поділяють на три категорії (аналогічно забезпеченості централізованих систем водопостачання) [22, п. 8.4] (табл. 2.1).

Таблиця 2.1

Категорії СПРВ за ступенем забезпеченості подачі води

Категорії систем водо-постачання	Допустимий час зниження подачі води до 30% від розрахункової, діб	Допустимий час зниження подачі води понад 30%	Кількість жителів у населеному пункті, тис. жит.
I	3	10 хвилин	>50
II	10	6 годин	5–50
III	15	1 доба	< 5

Категорію окремих елементів водопроводу слід встановлювати залежно від їх функціонального значення в системі водопостачання в цілому. Якщо пошкодження елементів систем водопостачання II-ї категорії викликають порушення у подачі води на пожежогасіння, то ці елементи слід відносити до I-ї категорії [22, п. 8.4].

2.3.2. Зонування та районування СПРВ

За чинним нормативом [22, п. 6.3.1 і 6.3.4] вільні напори у міських водопроводах повинні бути не менше необхідних (але не менше ніж 10 м) і не більше максимально допустимих – 60 м. Наявність надлишкових вільних напорів у водопровідних мережах призводить до збільшення аварійності трубопроводів, нераціональних витрат і втрат води та перевитрат електроенергії на подачу води. Показники надійності та економічності таких СПРВ є низькими [33; 35; 37].

У *моноструктурних (однозонних) СПРВ* великих розмірів вільні напори часто перевищують допустимі через значні перепади висот поверхні землі, різні значення необхідних напорів у різних точках мережі, а також за рахунок втрат напорів на ділянках мережі.

Ці недоліки, частково, а інколи і повністю, можуть бути відсутні у *зонованих СПРВ*, мережі яких поділені на окремі частини відповідно до рельєфу місцевості, необхідних напорів у окремих кварталах і житлових масивах міста, довжини мереж та інших факторів. З однієї сторони це призводить до збільшення будівельної вартості СПРВ, але з іншої – до зменшення експлуатаційних витрат (зниження втрат води через витоки, витрат електроенергії на подачу води, аварійності і, як наслідок, витрат на аварійно-відновлювальні роботи).

При значних перепадах висот поверхні землі і (або) різних вимогах до величин вільних напорів окремих груп споживачів влаштовують СПРВ з паралельним зонуванням (рис. 2.16, а). У кожному зоні мережі вода подається по окремих водоводах від різних груп насосів, встановлених в одній будівлі насосної станції, або ж в окремих насосних станціях. Для подачі води у верхні (дальні) зони водоводи, зазвичай прокладають через територію нижніх (ближніх) зон. У порівнянні із моноструктурними ці СПРВ потребують додаткові витрати на влаштування кількох груп насосів (чи насосних станцій) і збільшення сумарної довжини водоводів для подачі води окремо у кожен зону водопровідної мережі. Однак, ці додаткові витрати з часом будуть компенсовані зменшенням витрат електроенергії на подачу води, витоків води та аварійності мережі.

СПРВ з послідовним зонуванням (рис. 2.16, б) влаштовують при значних перепадах висот території населених пунктів (*вертикальне зонування*) і при плоскому рельєфі (*горизонтальне зонування*), коли водопровідні мережі мають велику довжину і, як наслідок, значні втрати напорів на подачу води та (або) різні вимоги до величин вільних напорів у споживачів. Визначальним чинником при вертикальному зонуванні є геодезичні перепади висот, а при горизонтальному – втрати напорів у водопровідних мережах. Як при вертикальному, так і горизонтальному зонуванні, впливовим чинником є величина вільних напорів у споживачів. Так, навіть при незначній довжині мереж, але компактному розташуванні споживачів, що потребують значних величин необхідних напорів (наприклад, житловий масив висотної забудови), доцільно влаштувати окрему зону водопровідної мережі.

Недоліками СПРВ з послідовним зонуванням є необхідність влаштування насосних станцій для кожної зони водопровідної мережі. Вихід із ладу основної магістралі чи насосної станції в одній із «нижніх» зон призведе до часткового чи повного припинення подачі води в усі розташовані вище зони. Тому, зазвичай, біля ВНС «верхніх» зон, що є технологічно доцільним, влаштовують РЧВ, які забезпечують регулювання подачі води та зберігання протипожежних і аварійних запасів води. Таку ВНС влаштовують на одному із РЧВ водопровідному майданчику, що має необхідні зони санітарної охорони [22, п. 15.2.3]. Однак, це потребує відчуження чималих дороговартісних ділянок міської території і є проблемним в умовах щільної забудови. Крім того, забезпечення належного санітарного режиму цих об'єктів в умовах щільної забудови та інтенсивної господарської діяльності сучасних міст не завжди є можливим, що є загрозою життю і здоров'ю людей.

З метою зменшення витоків води, підвищення надійності та економічності системи водопостачання в цілому, спрощення обслуговування й проведення ремонтно-відновлювальних робіт влаштовують районовані СПРВ (рис. 2.19). У них водопровідні мережі поділяють як на окремі зони, так райони (підзони), у які вода поступає через вузли регулювання з дроселями і підкачками.

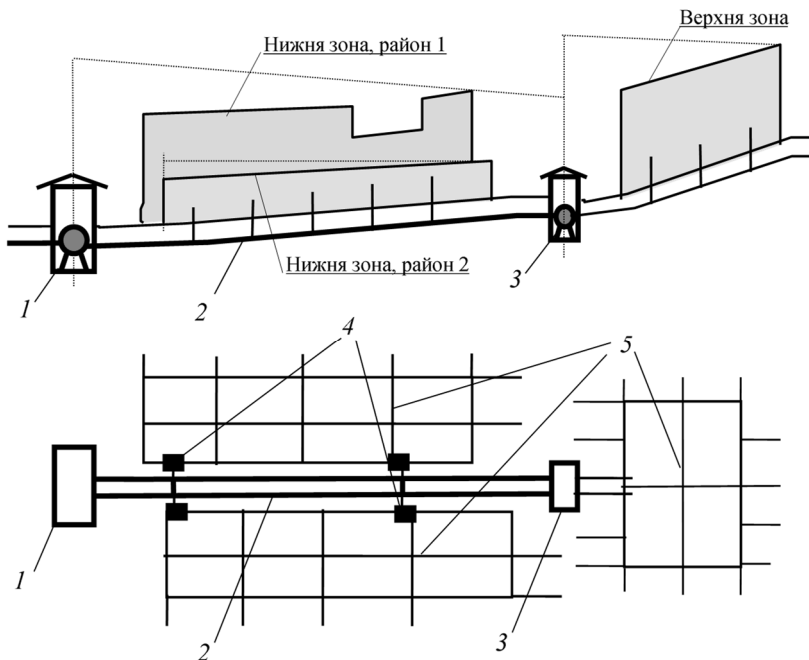


Рис. 2.19. Районована СПРВ:

1 – головна насосна станція; 2 – основні магістральні лінії; 3 – зонна (районна) насосна станція; 4 – вузли регулювання; 5 – зони і райони водопровідної мережі

На відміну від моноструктурних і зонних СПРВ у них на водопровідній мережі виділяють головні магістральні лінії з рівнем надійності, як для водоводів. Для окремих територіальних районів міста з приблизно однаковими геодезичними позначками землі та величинами необхідних напорів влаштовують зонні (районні) водопровідні мережі. Подача води у СПРВ здійснюється головною насосною станцією у магістральні лінії мережі, від яких вода поступає в окремі районні мережі через *вузли регулювання* без розриву струменя. До складу цих вузлів входить дросельна трубопровідна арматура та (за потреби) підвищувальні насоси [35]. Залежно від режимів водоспоживання вони здійснюють дроселювання (зниження) або підвищення напорів, автоматично підтримуючи їх величини у заданих межах.

Для підвищення надійності водопостачання головну магістральну мережу влаштовують замкненою і з мінімально можливою сумарною довжиною. Розподільчі мережі одного району підключають до магістральної мережі не менше ніж через два вузли регулювання. Вони отримують воду від різних ремонтних ділянок магістральної мережі. У випадку аварії на одній із магістралей інші вузли регулювання забезпечують подачу 100% розрахункових витрат води.

Такі СПРВ є надійнішими, значно гнучкішими в експлуатації та більш економічними. Це досягається підтриманням вільних напорів у споживачів максимально наближеними до необхідних при постійних змінах режимів водоспоживання. Такі умови подачі води дозволяють не тільки підвищити надійність водопостачання, але й зменшити втрати води та енергії на її подачу, аварійність мережі, а також більш оперативно проводити аварійно-відновлювальні роботи і профілактичне обслуговування мережі.

Районовані СПРВ мають свої специфічні особливості у порівнянні із традиційними конструктивними схемами:

- головні магістральні лінії водопровідної мережі:

- повинні мати мінімально можливу довжину і мінімальну кількість підключень (тільки до районних мереж і великих споживачів води);
- за ступенем надійності або за ступенем забезпеченості подачі води їх відносять до класу СС2 (IV і III категорії) [22, п. 12.1];
- в межах одного замкнутого контуру (кільця) вони повинні мати практично однаковий діаметр за умови взаємозаміни;

- водопровідні мережі районів:

- підключають до головних магістральних ліній через *вузли регулювання*;
- за ступенем надійності або за ступенем забезпеченості подачі води їх відносять до класу СС1 (II категорія) [22, п. 12.1];
- мають моноструктурну схему і можуть включати замкнені *магістральні лінії* і *розподільні лінії* або бути *знеособленими*:

- *магістральні лінії* повинні мати невелику довжину і однакові діаметри (отримані на основі ТЕР);
 - *розподільні лінії* влаштовують за традиційною схемою із встановленням на них пожежних гідрантів;
 - *знеособлені лінії* (магістральні лінії не виділяються), а практично всі лінії у межах одного району мають однакові діаметри ($d \leq 300$ мм), які визначають за умови пропуску пожежних витрат води [33, п. 12.1 і дод. 4];
- вузли регулювання:
- модернізовані існуючі насосні станції чи станції підкачки, або новозбудовані камери з автоматизованою запірною-регулювальною трубопровідною арматурою і з насосами підкачки [35];
 - під'єднують безпосередньо (без розриву струменя) до ліній головної магістральної мережі (причому до різних її ремонтних ділянок).

При *формуванні конструктивних схем районування СПРВ* водопровідна мережа кожного окремого району повинна відповідати таким вимогам [35, п. 6.3]:

- мати моноструктурну схему;
- перепади висот території району повинні бути мінімальними;
- житлова забудова має бути однотипною (по можливості);
- сумарна довжина водопровідних ліній не повинна перевищувати її оптимальної величини (50–150 км);
- розрахункове водоспоживання не повинно перевищувати оптимальної продуктивності (470–1170 м³/год).

Робота *головних насосних станцій* передбачає створення напорів, достатніх для забезпечення водою споживачів в одній районній мережі (зазвичай, з найбільшим водорозбором, яку приймають за розрахункову). В інших районних мережах, залежно від режимів водоспоживання, можуть бути задіяні насоси підкачки або дроселі, що дозволяє підтримувати вільні напори на рівні необхідних протягом тривалого періоду. Це створює сприятливі умови для гнучкого управління роботою СПРВ у надзвичайних ситуаціях (при гасінні пожеж, аваріях, обмежені продуктивності водозаборів тощо).

Така схема подачі води є передумовою не тільки для економії води і електроенергії, але й спрощує експлуатацію при аварійно-відновлювальних і профілактичних роботах. Відключення будь-якої ділянки водопровідної мережі одного району не призводить до зниження подачі води до інших. Особливо це характерно в умовах нинішнього старіння і зношення трубопроводів і водопровідної арматури й зниження показників їхньої надійності, коли для ремонту однієї ділянки мережі потрібно відключити кілька інших і навіть припинити подачу води у мережу. У районованих СПРВ, у таких випадках, знижується подача води тільки для одного району.

Ускладнення схем районованих СПРВ компенсується зменшенням енерговитрат, зниженням аварійності мереж, підвищенням надійності та експлуатаційною мобільністю СПРВ. Однак, слід пам'ятати, що надмірне зонування не тільки ускладнює структуру і експлуатацію СПРВ, але й знижує їхню надійність. При визначенні доцільності зонування та його схеми слід враховувати такі фактори: *геодезичні позначки землі у місцях розташування споживачів та величини необхідних вільних напорів для них; віддаленість споживачів від точок живлення СПРВ та їхнє розташування на території населеного пункту; втрати напорів у водоводах і мережах; допустимі величини вільних напорів у трубах та у споживачів (в точках розбору води не повинні бути меншими за необхідні і не перевищувати 60 м [22, п. 6.3.1]); техніко-економічні показники.* Зазвичай розглядають кілька можливих технічно рівнозначних варіантів зонування СПРВ (з однаковими технологічними параметрами і технічними обмеженнями). приймають той, який має максимальну величину чистого дисконтованого доходу (див. п. 2.3.4).

2.3.3. Фактори, що впливають на вибір схеми СПРВ

Вибір та обґрунтування схем СПРВ, як найбільш масштабних складових будь якої системи водопостачання, обумовлюють ті ж фактори, що і визначення систем і схем водопостачання в цілому [22, п. 8.2], а також особливі умови будівництва та структури всього комплексу елементів СПРВ. Основні впливові фактори можна розділити на три великі групи:

1. Вимоги споживачів (об'єкта водопостачання):

- *категорії водоспоживачів* із їхніми вимогами до якості та кількості води, рівня забезпеченості водопостачання, величин необхідних напорів тощо;
- *ступінь централізації* – виділення централізованих, децентралізованих та локальних систем водопостачання, доцільність об'єднання потреб груп споживачів (господарсько-питних, виробничих, протипожежних, на полив тощо);

2. Природні умови:

- *типи природних джерел водопостачання* – їхні продуктивності, показники якості води, віддаленість від об'єкта водопостачання;
- *рельєф місцевості* та наявність природних і штучних перешкод для транспортування води (ріки, болота, автомобільні дороги, залізниці);
- *геологічні та гідрогеологічні умови* у місцях розташування споруд СПРВ (тип ґрунтів, рівні ґрунтових вод тощо);
- *розташування споживачів* на території об'єкта водопостачання та їх віддаленість від точок живлення водопровідної мережі;

3. Техніко-економічні показники:

- *будівельна вартість* трубопроводів, будівель, споруд (ВНС, РЧВ), обладнання (насосів, дроселів, трубопровідної арматури тощо);
- *експлуатаційні витрати* (вартість електроенергії на подачу води, витрати на заробітну плату, ремонти, обслуговування тощо);
- *черговість будівництва* та введення в дію окремих споруд СПРВ за пусковими комплексами.

Категорії споживачів води та ступінь централізації

вказують на доцільність влаштування централізованих, децентралізованих, локальних чи групових водопроводів, зонування або районування СПРВ. При різних вимогах великих груп споживачів (населення, промислові підприємства) до якості та кількості води, а також рівня забезпеченості її подачі,

доцільним є влаштування на території об'єкта водопостачання кількох водопроводів різного призначення: господарсько-питного і одного чи кількох виробничих різних за продуктивністю та якістю підготовки води. Для забезпечення водою питної якості населення, комунально-побутових та громадських закладів, а також для гасіння пожеж у населеному пункті влаштовують *комунальні водопроводи*. Для подачі води непитної якості на потреби підприємств (промислових, агро-виробничих) влаштовують *технічні* (промислові, виробничі, поливні) водопроводи. Найчастіше у містах України влаштовують *об'єднані комунальні водопроводи*, які через СПРВ забезпечують на території об'єкта водопостачання господарсько-питні потреб населення, комунально-побутових та громадських закладів, потреби невеликих (за кількістю споживаної води) підприємств та подачу води на гасіння пожеж.

Від розташування *природних джерел водопостачання* їхньої продуктивності і якості води у них залежить схема живлення СПРВ, а отже і вся її структура. За недостатньої потужності водного джерела постає питання пошуку нового більш потужного або кількох інших джерел водопостачання. Низька якість води у природному джерелі і, відповідно, великі затрати на підготовку води, вказують на доцільність пошуку нового джерела водопостачання або влаштування двох паралельних водопроводів: господарсько-питного і технічного з різною продуктивністю та якістю води у них. Із кількох технічно рівнозначних варіантів схем СПРВ у складі систем водопостачання з різними джерелами водопостачання перевагу віддають тим, що мають найбільшу продуктивність, найкращу якість води і розташовані найближче до об'єкта водопостачання. Це забезпечує мінімальну будівельну вартість водозабірних і водоочисних споруд та найменші експлуатаційні витрати на забір і підготовку води. Максимальне наближення джерел до об'єкта водопостачання безпосередньо пов'язане із мінімальними витратами на транспортування води. При цьому важливе значення має взаємне висотне розташування джерел відносно об'єкта водопостачання, так як від цього залежить висота підйому води, а отже і оптимізація витрат електроенергії.

Рельєф місцевості та розташування споживачів на території міста та величини необхідних напорів для них визначають доцільність зонування або районування СПРВ.

Черговість будівництва та поетапне введення в дію окремих споруд СПРВ вносить корективи у їхні схеми, за якими для кожного періоду між введенням у дію чергових споруд система повинна не тільки забезпечувати всіх споживачів водою питної якості, але й відповідати основним *нормативним технічним* вимогам і мати високі *економічні та санітарно-гігієнічні* показники.

Техніко-економічні показники залежать від умов будівництва (характер ґрунтів, рівні ґрунтових вод, види покриттів території, ринкова вартість матеріалів тощо) та функціонування СПРВ (вартість електроенергії на подачу води, рівень автоматизації, збільшення гідравлічних опорів труб у процесі експлуатації тощо).

За техніко-економічними показниками, зокрема, за мінімальними *дисконтованими витратами* (п. 2.3.4) із кількох *технічно рівнозначних варіантів* (однакова кількість поданої та реалізованої води, відповідність нормативним вимогам щодо надійності водопостачання, недопущення погіршення показників якості води тощо) визначають економічно вигідний.

2.3.4. Техніко-економічні показники СПРВ

При розгляді можливих варіантів влаштування СПРВ техніко-економічному обґрунтуванню підлягають ті, які є технічно рівнозначними, тобто мають однакову продуктивність, забезпечують реалізацію однакової кількості води при однакових тарифах на воду, відповідають чинним нормативам щодо забезпеченості водопостачання тощо. Із кількох таких варіантів економічно вигідним вважають той, що має мінімальні *дисконтовані витрати* на початок реалізації проекту [33, п. 2.2.1; 35, п. 3.1.3]

$$B_n = \sum_{t=0}^T \frac{K_t + B_{a_t} + B_{e_t} + B_{зп_t} + B_{ін_t}}{(1+e)^t} \rightarrow \min, \quad (2.1)$$

де t – роки реалізації проекту ($t = 0 \dots T$), роки;

e – норма прибутку або коефіцієнт дисконтування, частка одиниці;

K_t – будівельна вартість (капіталовкладення) споруд СПРВ, збудованих у t -му році;

Ba_t – амортизаційні відрахування у t -му році;

$Вел_t$ – вартість електроенергії на підняття і транспортування води у t -му році;

$Bзп_t$ – витрати на заробітну плату у t -му році;

$Bін_t$ – інші відрахування у t -му році.

Вартість влаштування трубопроводів (водоводів і водопровідних мереж) визначають у загальному вигляді за формулою [33, п. 2.2.2; 35, п. 3.1.3]

$$K_n = \sum_{i=1}^N (a_i + b_i \cdot d_i^{\alpha_i}) \cdot l_i, \quad (2.2)$$

де N – загальна кількість ліній водоводів та ділянок мережі;

d_i та l_i – діаметр і довжина i -ї ділянки водоводів чи мережі;

a_i , b_i та α_i – параметри аналітичного виразу питомої вартості прокладання трубопроводів залежно від матеріалу, їхнього призначення, умов будівництва та обладнання трубопроводною арматурою [33, табл. 2.1].

Відрахування на амортизацію елементів СПРВ (трубопроводів, споруд чи устаткування)

$$Ba = K_n \cdot P_a, \quad (2.3)$$

де K_n – дисконтована будівельна вартість (капіталовкладення) СПРВ на початок реалізації проекту;

P_a – частка амортизаційних відрахувань для елементів СПРВ.

Витрати напору у трубопроводах, м

$$h = i \cdot l = \frac{k \cdot q^{\beta}}{d^m} \cdot l, \quad (2.4)$$

де i – гідравлічний ухил;

l – довжина трубопроводу, м;

q – розрахункова витрата води, м³/с;

k , β і m – коефіцієнт та показники степені, що залежать від матеріалу і виду труб [32, табл. 2.3; 33, табл. 2.1; 35, табл. 4.5];

d – розрахунковий внутрішній діаметр трубопроводу, м.

Розрахункова потужність насосів, кВт, яку витрачають на ВНС для подачі води у СПРВ

$$N = \frac{1000 \cdot Q_{\text{ВНС}} \cdot H_{\text{ВНС}}}{102 \cdot \eta}, \quad (2.5)$$

де $Q_{\text{ВНС}}$ і $H_{\text{ВНС}}$ – подача, м³/с, і висота підняття води, м, насосами водопровідної насосної станції;

η – коефіцієнт корисної дії насосних агрегатів, що подають воду у СПРВ, частки одиниці.

Зазвичай, величини $Q_{\text{ВНС}}$ і $H_{\text{ВНС}}$ розраховують для кожної години доби відповідно до графіків водоспоживання і подачі води насосами ВНС або тільки для розрахункових випадків, які характеризують господарсько-питне водоспоживання. Такими випадками, найчастіше, є максимальний (максимальне годинне у добу максимального водоспоживання) і середній (середнє годинне у добу середнього водоспоживання) водозбори у СПРВ розрахункового року перспективи. При цьому висоту підняття води, в загальному вигляді, визначають за формулою

$$H_{\text{ВНС}} = H_{\text{г}} + h, \quad (2.6)$$

де $H_{\text{г}}$ – геометрична висота підйому води, м;

h – втрати напору в трубопроводах від насосної станції до найвіддаленішого споживача, м.

Геометрична висота підйому води $H_{\text{г}}$ у таких випадках, найчастіше, є постійною величиною, а h , як сума втрат напорів, змінюється щогодинно і для зазначених розрахункових випадків. Як наслідок, змінюватись буде розрахункова потужність насосів.

Вартість електроенергії, грн, на підняття і транспортування води протягом року $V_{\text{ел}}$ становить

$$V_{\text{ел}} = N_{\text{ср}} \cdot \Theta \cdot \sigma = \sigma \cdot \sum_{\tau=1}^{\Theta} N_{\tau}, \quad (2.7)$$

де $N_{\text{ср}}$ і N_{τ} – середня за рік і фактична (середня за τ -ту годину) потужність, витрачена на підняття води, кВт;

Θ – тривалість роботи системи протягом року, год;

σ – вартість 1 кВт-год електроенергії, грн.

Найчастіше робота СПРВ є цілодобовою (24 год) і протягом року (за 365 днів) становить – 8760 год.

2.4. Протипожежне водопостачання

Протипожежне водопостачання – це комплекс інженерних споруд і заходів для зберігання, доставки та подачі води до місць гасіння пожеж. Від складу споруд і комплексу протипожежних заходів залежать типи систем протипожежного водопостачання.

2.4.1. Типи протипожежного водопостачання

Різні типи систем протипожежного водопостачання повинні забезпечувати різні за змістом комплекси протипожежних заходів:

- тільки зберігання протипожежних запасів води – *системи водопостачання із водойм та резервуарів*;
- зберігання, подачу та доставку води до місць гасіння пожеж – *протипожежні водопроводи низького тиску*;
- зберігання, подачу, доставку води та гасіння пожеж – *протипожежні водопроводи високого тиску*;

Системи протипожежного водопостачання повинні відповідати таким вимогам:

- наявність необхідних запасів води на гасіння розрахункової кількості пожеж протягом розрахункового часу;
- подача розрахункових витрат води;
- забезпечення необхідних вільних напорів у місцях розборів води на пожежогасіння;
- достатня надійність та безперебійність роботи під час пожежогасіння.

Гасіння пожеж може здійснюватися двома способами:

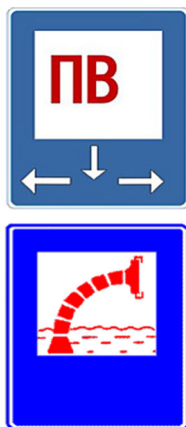
- 1) відбором води мотопомпами чи автонасосами із водойм або резервуарів, розташованих біля об'єктів пожежогасіння;
- 2) розбором води із зовнішньої водопровідної мережі.

Протипожежне водопостачання із водойм та резервуарів

передбачає зберігання у них протипожежних запасів води безпосередньо біля об'єктів пожежогасіння з відбором її мотопомпами чи автонасосами, які доставляє пожежна команда, що здійснює гасіння пожеж (рис. 2.20 та 2.21).



а)



б)

Рис. 2.20. Загальний вигляд пожежної водойми (*а*) та знаків для її маркування (*б*)

Кількість резервуарів чи водойм біля кожного об'єкта пожежогасіння має бути не менше двох із зберіганням у кожному із них 50% розрахункового об'єму води на пожежогасіння. Подачу води в будь-яку точку пожежі потрібно забезпечити з двох сусідніх резервуарів або водойм [22, п. 13.3.3].

Об'єми пожежних резервуарів і водойм повинні бути достатніми для подачі із них розрахункових витрат води протягом тривалості гасіння пожеж [22, п. 6.2.3–6.2.7 та 6.2.13]. Об'єми відкритих водойм слід визначати із врахуванням випаровування води та утворення льоду. Обвалування відкритої водойми повинно бути вище від найвищого рівня води в ній не менше ніж 0,5 м [22, п. 13.3.2].

На відміну від відкритих водойм у пожежних резервуарах (рис. 2.21) відсутнє випаровування води, а при достатньому утепленні – утворення льоду. Вода у них захищена від забруднення сміттям, пилом та атмосферними опадами. Однак, при тривалому зберіганні води, особливо у теплу пору року, у них, як і у водоймах, розвиваються мікроорганізми, зокрема, синьо-зелені водорості. З часом така вода втрачає природні якості, має запахи і стає непридатною для пожежогасіння.

а)

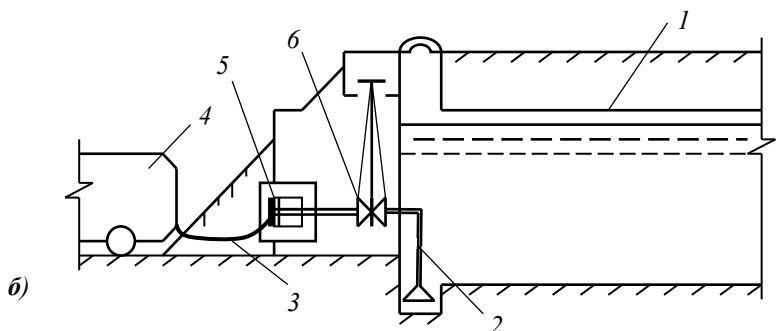


Рис. 2.21. Загальний вигляд (а) наземних пожежних резервуарів та схема відбору води із них (б):

1 – пожежний резервуар; 2 – всмоктувальна лінія; 3 – шланг пожежного насоса; 4 – пожежний автомобіль; 5 – муфта швидкого з'єднання; 6 – засувка

Для можливості забору води в будь-яку пору року і при будь-якій погоді із резервуарів, штучних або природних водойм до них має бути забезпечений вільний під'їзд машин по дорогах з твердим покриттям. У місцях розташування пожежних резервуарів та водойм слід передбачати під'їзди з майданчиками (пірсами) розмірами не менше ніж 12 x 12 м [22, п. 13.3.2] із встановленням на під'їзді до них відповідних покажчиків (рис. 2.20, б). Під'їзні шляхи у зимовий період повинні бути розчищені від снігу і льоду. У разі утворення на водній поверхні

льоду, особливо у відкритих водоймах, влаштовують лунки, які захищають від замерзання, покриваючи дерев'яними настилами із утепленням повстю, тирсою, очеретом чи соломою.

Пожежні резервуари чи водойми розташовують біля об'єктів пожежогасіння таким чином, щоб відстань L_p між ними не перевищувала радіусу обслуговування R_o , (для пожежних автомобілів – 200 м, а для мотопомп – 100–150 м [22, п. 13.3.4]). Для збільшення радіусу обслуговування або, якщо безпосередній забір води з пожежного резервуара чи водойми пожежними автомобілями ускладнений, допускається прокладання від резервуарів чи водойм тупикових трубопроводів довжиною L_m до 200 м і діаметром не менше 200 мм (рис. 2.22).

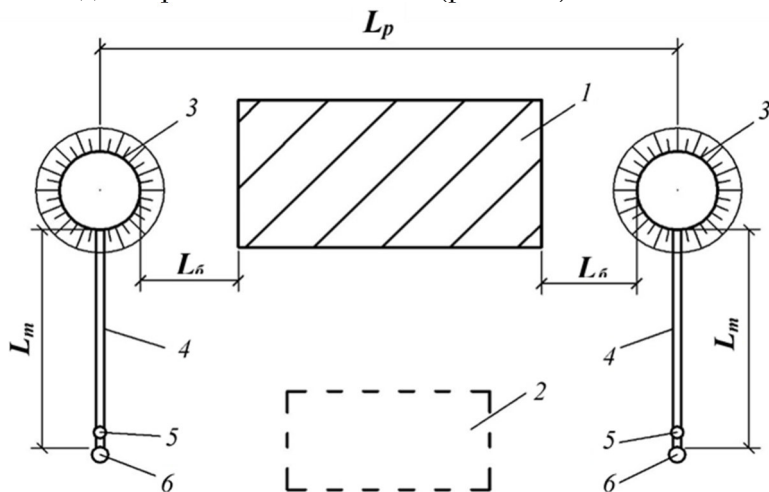


Рис. 2.22. Розташування пожежних резервуарів біля будівель:

1 – основний об'єкт пожежогасіння; 2 – додатковий об'єкт; 3 – пожежні резервуари; 4 – з'єднувальні трубопроводи; 5 – колодязі із засувками; 6 – приймальні колодязі

У кінці таких трубопроводів влаштовують приймальні колодязі об'ємом 3–5 м³. Перед ними на з'єднувальних трубопроводах встановлюють колодязі із засувками, штурвали яких виведені під кришку люка. На з'єднувальному трубопроводі з боку водойми потрібно передбачати решітку [22, п. 13.3.6].

Відстані від точок забору води з резервуарів або водойм до будівель повинні бути не меншими за величину L_6 (рис. 2.22), значення якої приймають [22, п. 13.3.4]:

- до будівель I і II степенів вогнестійкості – 10 м;
- до будівель III, IIIа, IV, V та V ступенів вогнестійкості та до відкритих складів горючих матеріалів – 30 м;
- до будівель, споруд та установок з легкозаймистими, горючими речовинами та газами – 40 м (крім випадків, обумовлених іншими нормативними документами).

Подачу води для заповнення пожежних резервуарів і водойм потрібно передбачати з міських мереж по пожежних рукавах довжиною до 250 м. На підставі технічних або містобудівних умов та обмежень довжину пожежних рукавів допускається збільшувати до 500 м [22, п. 13.3.5].

У більшості населених пунктів і промислових підприємств для гасіння пожеж застосовують **напірні протипожежні водопроводи**, які зазвичай, об'єднують із господарсько-питними і виробничими (див. п. 2.1). Їх поділяють на **протипожежні водопроводи низького та високого тисків** (рис. 2.18 та 2.23). У таких системах протипожежного водопостачання основні пожежні запаси води зберігають у РЧВ біля насосних станцій, що живлять водопровідні мережі. Напори, необхідні для розбору води із мережі, створюють пожежні насоси, встановлені на цих ВНС. Розбір води із водопровідних мереж здійснюють за допомогою пожежних гідрантів, які можуть бути наземного чи підземного типів. В Україні найчастіше використовують останні. Їх встановлюють у водопровідних колодязях на трубопроводах водопровідної мережі у місцях доступних для під'їзду пожежних автомобілів (не ближче 5 м від фундаментів будівель і не далі 2,5 м від проїзної частини дороги).

У протипожежних водопроводах низького тиску (рис. 2.18, а і рис. 2.23, а) у місцях розбору води на гасіння пожеж необхідно забезпечити напори (від поверхні землі) не менше 10 м.вод.ст. [22, п. 6.3.4] для подачі розрахункових витрат води на пожежогасіння з одночасним забезпеченням не менше 70% розрахункових витрат води на господарсько питні потреби

населення (для III-ї категорії СПРВ – 50%), а на виробничі потреби – за аварійним графіком [22, п. 6.2.14].

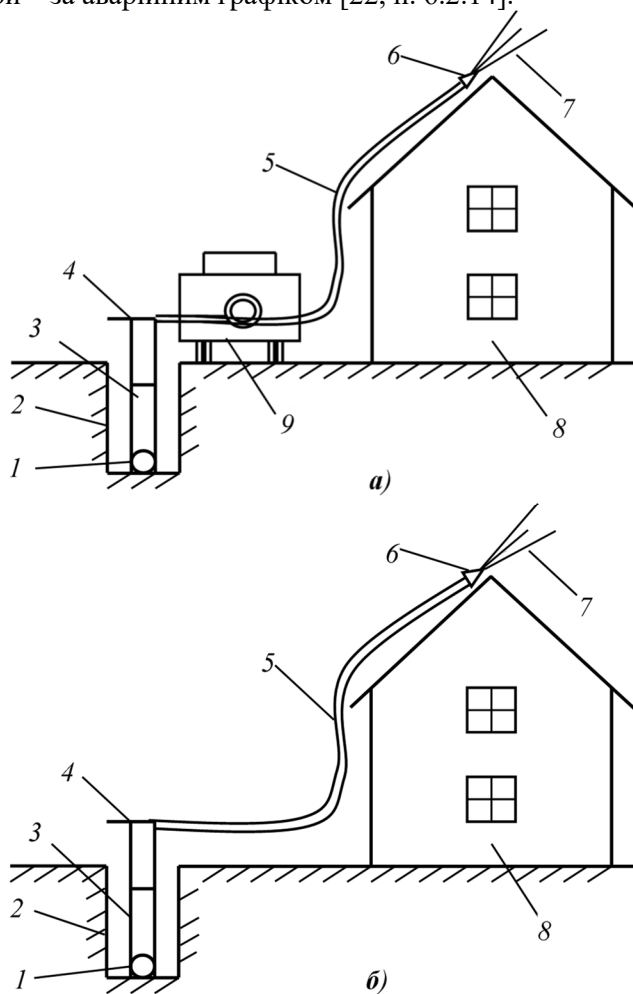


Рис. 2.23. Схеми напірних протипожежних водопроводів:

а) низького тиску; *б)* високого тиску:

1 – трубопровід водопровідної мережі; 2 – колодязь; 3 – пожежний гідрант;
4 – пожежна колонка; 5 – пожежний шланг; 6 – брандспойт; 7 – компактний струмінь; 8 – будівля; 9 – автомобіль з пожежним насосом

ВНС, що живлять водопровідну мережу, повинні забезпечити у місцях розбору води на пожежогасіння напори не менше 10 м, а напори, що потрібні для гасіння кожної пожежі – пожежні насоси, встановлені на пожежних автомобілях. Вільні напори у водопровідній мережі не менше 10 м потрібні для забезпечення запуску і роботи пожежних насосів «під заливом» при подачі розрахункових пожежних витрат води (подолання значного гідравлічного опору у пожежному гідранті, пожежній колонці (стендері) і всмоктувальному шланзі до насоса).

Напори величиною у 10 м, зазвичай, менші за необхідні напори для господарсько-питних потреб. Враховуючи допустиме зниження відборів води на господарсько питні потреби, напори на виході із ВНС при пожежогасінні, зазвичай, є меншими ніж при господарсько-питному водоспоживанні. Тому у багатьох випадках подача води може здійснюватися господарсько-питними насосами. При цьому необхідно забезпечити не менше 70% розрахункових витрат води на господарсько питні потреби населення (для III-ї категорії СПРВ – 50%), а на виробничі потреби – за аварійним графіком [22, п. 6.2.14]. Інколи подачу води на пожежогасіння забезпечують включенням у роботу додаткового господарсько-питного насоса.

Противопожежні водопроводи високого тиску (рис. 2.18, б, 2.18, в та рис. 2.23, б) повинні забезпечувати вільні напори достатні для створення висоти компактної частини струменя не менше 10 м при повній пожежній витраті і розташуванні пожежного ствола на рівні верхівки даху найвищої будівлі [22, п. 6.3.4]. Ці напори завжди більші за напори при господарсько-питному водоспоживанні. Тому воду на пожежогасіння завжди подають пожежні насоси, подача і напори яких більші, ніж у господарсько-питних насосів.

Влаштування протипожежних водопроводів високого тиску потребує додаткового встановлення на ВНС пожежних насосів, а отже, і більш потужного електрообладнання, збільшення приміщення ВНС та витрат на їх будівництво. Пожежні насоси ВНС повинні бути обладнані пристроями, які забезпечують їх пуск не пізніше ніж через 5 хв після надходження сигналу про виникнення пожежі [22, п. 6.3.3].

У протипожежних водопроводах високого перемінного тиску (рис. 2.18, б) в основний час працюють господарсько-питні насоси, а для подачі збільшених витрат води із більшими напорами при пожежогасінні вмикаються потужніші пожежні насоси. Потенційна аварійність водопровідних мереж таких водопроводів вища, ніж водопроводів низького тиску за рахунок більших напорів при гасінні пожеж.

У протипожежних водопроводах високого постійного тиску (рис. 2.18, в) весь час воду подають із напорами, які необхідні для пожежогасіння і є більшими ніж на господарсько-питні цілі. Водопровідні мережі таких водопроводів мають підвищену потенційну аварійність і собівартість води, але вищий рівень готовності до подачі води на гасіння пожеж.

2.4.2. Умови застосування різних типів протипожежного водопостачання

Пожежогасіння із водойм або резервуарів допускається приймати для [22, п. 6.2.1, 13.3.1–13.3.7]:

- населених пунктів з кількістю жителів до 5 тис. осіб включно (систем водопостачання III-ї категорії);
- окремих громадських будівель об'ємом до 1000 м³ включно;
- населених пунктів, що не мають кільцевого протипожежного водопроводу;
- виробничих будівель категорій В, Г і Д при витраті води на зовнішнє пожежогасіння 10 л/с;
- складів грубих кормів об'ємом до 1000 м³ включно;
- складів мінеральних добрив з об'ємом будівель до 5000 м³ включно;
- будівель радіотелевізійних передавальних станцій;
- будівель холодильників та сховищ овочів та фруктів;
- автозаправних станцій та комплексів, що розташовані за межами населених пунктів;
- автозаправних станцій та комплексів, розташованих у межах населених пунктів, з розрахунковими витратами води на зовнішнє пожежогасіння не більше 15 л/с.

Застосування **протипожежних водопроводів низького тиску** передбачає обов'язкову наявність професійної пожежної охорони (нині це підрозділи МНС України) з пожежними автомобілями, обладнаними пожежними насосами чи мотопомпами. Така вимога обов'язково повинна виконуватись для систем водопостачання із I та II категорією водозабезпечення (при кількості жителів у населеному пункті понад 5000 осіб).

Протипожежний водопровід високого тиску слід приймати за технічними або містобудівними умовами та обмеженнями для населених пунктів, у яких відсутня професійна служба пожежної охорони але із влаштуванням на території об'єктів виробничого або громадського призначення пожежних постів [22, п. 6.3.3].

Влаштування протипожежних водопроводів високого тиску потребує значно більших будівельних витрат на влаштування насосних станцій та водопровідних мереж. На ВНС завжди встановлюють дві групи насосних агрегатів (господарсько-питних і пожежних), що збільшує їх кількість і потребує більш потужного електрообладнання, додаткових засобів автоматики, збільшення об'єму будівлі ВНС. Збільшення вільних напорів у водопровідних мережах потребує влаштування більш міцних трубопроводів, а значить і здорожчання мережі.

Протипожежні водопроводи постійного високого тиску застосовують на об'єктах із високими вимогами до постійної готовності протипожежного водопостачання або у гірських районах, де необхідні напори для гасіння пожеж забезпечуються за рахунок висотного розташуванням джерела і об'єкта водопостачання.

Враховуючи підвищену потенційну аварійність і нижчу економічність протипожежних водопроводів високого тиску їх слід застосовувати для невеликих об'єктів, зокрема, для населених пунктів, у яких не передбачена професійна протипожежна охорона, але передбачається влаштування на території об'єктів виробничого або громадського призначення пожежних постів [22, п. 6.3.3]. Вони є доцільними у випадках, коли витрати на утримання протипожежних водопроводів нижчі за збитки, що можуть завдати пожежі.

Противопожесний водопровід можна не передбачати
для таких об'єктів [22, п. 6.2.1]:

- у населених пунктах із кількістю жителів до 50 осіб включно при забудові будинками висотою до двох поверхів і загальною площею до 250 м² включно;
- окремо розташованих за межами населених пунктів:
 - підприємств громадського харчування з об'ємом будівель до 1000 м³ включно;
 - підприємств торгівлі при площі до 150 м² включно (за винятком промтоварних магазинів);
- громадських будівель І і ІІ ступенів вогнестійкості об'ємом до 250 м³ включно, розташованих у населених пунктах;
- виробничих будівель І та ІІ ступенів вогнестійкості категорії Д об'ємом до 1000 м³ (за винятком будівель з горючими утеплювачами);
- заводів із виготовлення залізобетонних виробів і товарного бетону з будівлями І та ІІ ступенів вогнестійкості, розташованих у населених пунктах, обладнаних мережами водопроводу, за умови розміщення гідрантів на відстані не більше ніж 200 м від найбільш віддаленої будівлі заводу;
- сезонних універсальних приймально-заготівельних пунктів сільгосппродуктів з об'ємом будівель до 1000 м³ включно;
- будівель складів горючих матеріалів і негорючих матеріалів у горючій упаковці площею до 50 м² включно.

У більшості населених пунктів в Україні і у світі влаштовують протипожежні водопроводи низького тиску. Їхніми перевагами у порівнянні із протипожежними водопроводами високого тиску є:

- менша ймовірність виникнення аварій та відмов окремих елементів СПРВ під час гасіння пожеж;
- менші витрати електроенергії для подачі води, включаючи і на цілі пожежогасіння;
- вища надійність та економічність;
- простота та зручність в експлуатації.

Ці фактори є визначальними у широкому застосуванні протипожежних водопроводів низького тиску, як найбільш надійного та ефективного водопостачання при пожежогасінні.

Контрольні питання

1. *Що таке система водопостачання?*
2. *Як класифікують системи водопостачання?*
3. *Що таке об'єднані системи водопостачання?*
4. *Які споруди входять до складу систем водопостачання?*
5. *Назвіть типи водозабірних споруд.*
6. *Що таке технологічна схема поліпшення якості води?*
7. *Охарактеризуйте основні типи споруд станцій водоочистки.*
8. *Які водопровідні споруди влаштовують на території міст?*
9. *Що таке системи подачі та розподілення води (СПРВ)?*
10. *Які споруди входять до складу СПРВ?*
11. *Які основні функції виконують СПРВ?*
12. *Назвіть основні умовами ефективної роботи СПРВ.*
13. *Як класифікують системи подачі та розподілення води?*
14. *Що таке моноструктурні і зонованні СПРВ?*
15. *Що таке районувані СПРВ?*
16. *Які фактори впливають на вибір схеми зонування СПРВ?*
17. *Охарактеризуйте техніко-економічні показники СПРВ.*
18. *Що таке протипожежне водопостачання?*
19. *Охарактеризуйте типи протипожежного водопостачання.*
20. *Як влаштоване протипожежне водопостачання із водойм?*
21. *Як влаштоване протипожежне водопостачання із резервуарів?*
22. *Як влаштовані напірні протипожежні водопроводи?*
23. *Який тип протипожежного водопостачання застосовують у містах України? Чим це обумовлено?*
24. *Умови застосування різних типів протипожежного водопостачання.*
25. *У яких випадках протипожежний водопровід можна не передбачати?*

Розділ 3. Водовідведення

На території будь якого населеного пункту у зв'язку із природними явищами та життєдіяльністю людини формуються стоки атмосферних, побутових та виробничих забруднених вод. Належний санітарний благоустрій населених пунктів безпосередньо залежить від наявності та ефективної роботи сучасних систем водовідведення. Вони забезпечують організований збір, відведення з територій проживання та трудової діяльності, очищення та повернення у природне середовище усіх видів стічних вод.

3.1. Організація водовідведення у сучасних населених пунктах

У процесі життєдіяльності у населених пунктах утворюються різні види стічних вод. За характером походження їх можна розділити на такі групи:

- *господарсько-побутові* – від житлових, комунально-побутових та громадських закладів, а також побутових приміщень підприємств;
- *виробничі* – від промислових підприємств, після використання води на технологічні цілі;
- *атмосферні* – утворилися у результаті випадіння атмосферних опадів (дощу, снігу, граду) та поливу територій.

Склад *господарсько-побутових* стічних вод є відносно постійним і характеризується в основному забрудненнями органічного походження (близько 60%) у вигляді жирів, вуглеводів, органічних кислот тощо у нерозчиненому, колоїдному та розчиненому стані, а також різними бактеріями і мікроорганізмами, включаючи й патогенні.

Стічні води підприємств різних галузей промисловості відрізняються за характером і концентрацією забруднень (нафтопродукти, феноли, синтетичні поверхнево-активні речовини, важкі метали, органічні та отруйні речовини, пестициди, хвороботворні бактерії тощо).

Атмосферні води можуть містити забруднення у самих опадах, але найбільше їх отримують при перебуванні на міських територіях. Вони, зазвичай, забруднені мінеральними та органічними речовинами, нафтопродуктами, важкими металами, біогенними сполуками тощо.

Кожен вид стічних вод залежно від характеру і концентрацій забруднень вимагає окремих технологій очищення перед випуском їх у водойми. Це суттєво ускладнює і збільшує вартість збору, відведення та, особливо, очищення різних видів стічних вод. Тому, у більшості населених пунктів для відведення і очищення стічних вод влаштовують централізовані системи водовідведення, до складу яких входять об'єкти, споруди, колектори, що пов'язані єдиним технологічним процесом. Вони, зазвичай, передбачають влаштування *двох водовідвідних мереж*:

- **міську комунальну** – для відведення на каналізаційні очисні споруди (КОС) господарсько-побутових та попередньо очищених виробничих стічних вод;
- **дощову** – для відведення на очисні споруди атмосферних вод (ОСАВ) атмосферних і поливних стічних вод.

Залежно від прийнятого типу системи водовідведення у населеному пункті ці мережі можуть взаємодіяти між собою або працювати незалежно. Відведення господарсько-побутових та виробничих стічних вод через єдину мережу є технологічно та економічно обґрунтованим. Так, враховуючи різні за фізико-хімічним та бактеріологічним складом стічні води різних промислових підприємств, влаштовувати для них окремі системи водовідведення проблематично з технічної точки зору та економічно затратно. Тому, виробничі стічні води на промислових підприємствах попередньо очищають до якості господарсько-побутових вод і скидають у єдину міську комунальну мережу для відведення їх за межі населеного пункту і повного очищення на КОС.

На території населених пунктів розміщують вуличні мережі і колектори, які збирають і відводять стічні води на очисні споруди (рис. 3.1 і 3.2). Для перекачування стічних вод залежно від рельєфу місцевості можуть бути влаштовані каналізаційні насосні станції (КНС). На *каналізаційних очисних спорудах* стічні

води проходять повний цикл механічного (проціджування та відстоювання) і біологічного очищення, а також знезараження. Затримані забруднення у вигляді осадів мінеральних речовин (пісок, щєбінь, глина) та органічних сполук (відпрацьованого активного мулу чи біоплівки, сформованих бактеріями, інфузоріями, джгутиковими та іншими найпростішими мікроорганізмами) перероблюють та утилізують.

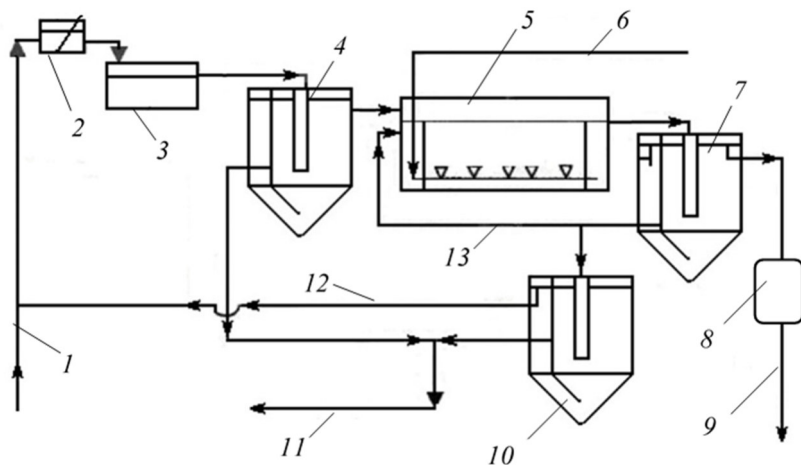


Рис. 3.1. Технологічна схема КОС з аеротенками:

1 – подача неочищених стічних вод; 2 – решітки; 3 – пісковловлювачі; 4 – первинні відстійники; 5 – аеротенки; 6 – подача повітря; 7 – вторинні відстійники; 8 – споруди знезараження; 9 – випуск очищених стічних вод; 10 – ущільнювач надлишкового мулу; 11 – подача осаду на переробку та утилізацію; 12 – відведення надмулової води; 13 – подача зворотнього активного мулу

Решітки затримують великі предмети, що транспортуються потоками води (каміння, бляшанки, тряпки тощо), пісковловлювачі – пісок та гравій, а первинні відстійники – залишки піску із окремими органічними речовинами. Біологічне очищення стічні води проходять в аеротенках або на біофільтрах. Вторинні відстійники затримують відмерлі частки активного мулу (чи біоплівки), після яких він поступає в голову аеротенків, на регенерацію або утилізацію. Знезаражують очищені стічні

води хлормісткими реагентами або ультрафіолетовим опроміненням. Всі споруди КОС розміщують на одному технологічному майданчику (рис. 3.2) за межами населених пунктів із дотриманням санітарно-захисних зон [23, п. 17.1].



Рис. 3.2. Загальний вигляд майданчика КОС з аеротенками коридорного типу, вертикальними первинними і радіальними вторинними відстійниками та будівлями механічної очистки

3.2. Характеристика систем водовідведення населених пунктів

Системи водовідведення (каналізації) як комплекси інженерних споруд та водовідвідних мереж повинні забезпечити збір, відведення та очищення усіх видів стічних вод, що утворюються на територіях населених пунктів [23, п. 3.42 і 3.45].

За поєднанням функцій збору, відведення та очищення різних видів стічних вод системи водовідведення можуть бути: загальносплавними, роздільними (повна і неповна), напівроздільними та змішаними (якщо у різних районах міста функціонують різні системи водовідведення).

Загальносплавні системи водовідведення забезпечують відведення за межі населених пунктів усіх видів стічних вод

(господарсько-побутових, виробничих, поверхневих) єдиною системою колекторів і каналів (рис. 3.3). На головному колекторі влаштовують зливовипуски, які забезпечують відведення поверхневих вод у суху та малоощову погоду на КОС. Під час дощів перші і найбільш забруднені об'єми дощових вод також поступають на КОС. При зростанні інтенсивності дощу зростають витрати стічних вод і вони, «перескакуючи» лоток до головного колектора, скидаються у водойму. Однак, при цьому скидаються не тільки дощові води, а їхня суміш із господарсько-побутовими. Це призводить до забруднення водойми.

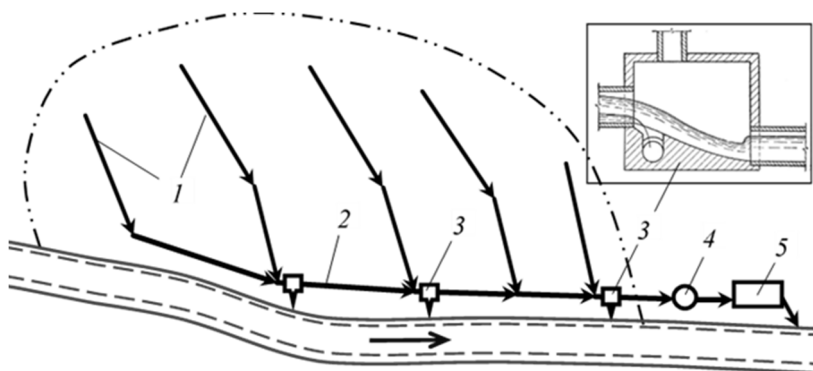


Рис. 3.3. Схема загальносплавної системи водовідведення
 1 – вуличні мережі; 2 – головний колектор; 3 – зливовипуски;
 4 – каналізаційна насосна станція (КНС); 5 – каналізаційні очисні споруди (КОС) з випуском очищених стічних вод у річку

Загальносплавні системи водовідведення були одними із перших при впровадженні централізованого водовідведення у містах. Тому, і сьогодні у багатьох населених пунктах, особливо, у їхніх центральних (історичних) частинах функціонують мережі загальносплавних системи. Із розвитком міст і збільшення навантажень на такі системи виникла проблема інтенсивного забруднення водойм господарсько-побутовими та виробничими стоками. Томі ці системи є екологічно недоцільними.

Роздільні системи водовідведення забезпечують відведення різних за якістю стічних вод окремими мережами. Роздільні системи можуть бути повними і неповними.

Повна роздільна система водовідведення має дві або більше повністю незалежних **каналізаційних мереж** (рис. 3.4):

- **господарсько-побутова**, у яку крім побутових, можуть скидати частину виробничих стічних вод близьких за складом до господарсько-побутових;

- **виробнича** (одна або кілька), що забезпечують відведення забруднених виробничих стоків, які не допускають спільного відведення та очищення разом з побутовими стоками;

- **дощова** – для відведення тільки поверхневого стоку.

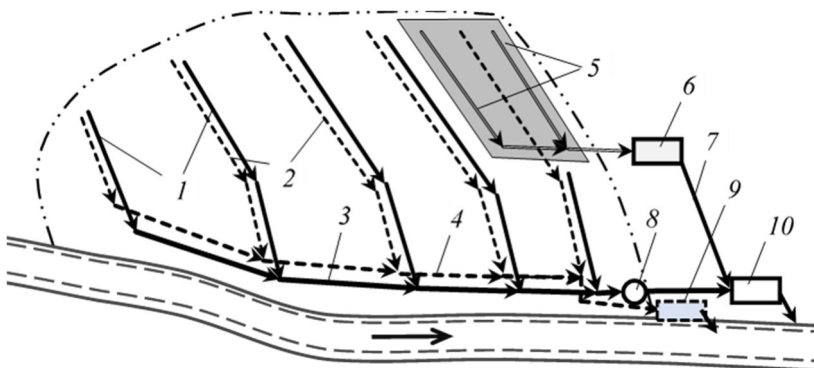


Рис. 3.4. Схема повної роздільної системи водовідведення

1 – вуличні господарсько-побутові мережі; 2 – вуличні дощові мережі; 3 і 4 – головні колектори господарсько-побутової і дощової мереж; 5 – виробничі мережі промислових підприємств; 6 – очисні споруди виробничих стічних вод; 7 – колектор відведення очищених виробничих стічних вод; 8 – каналізаційна насосна станція (КНС); 9 – очисні споруди поверхневих вод (ОСПВ) з випуском очищених вод у річку; 10 – каналізаційні очисні споруди (КОС) з випуском очищених стічних вод у річку

Очищені виробничі стічні води на очисних спорудах підприємств можуть бути направлені для повної біологічної очистки на КОС або скинуті у водойму, якщо їхня якість не призведе до забруднення водойми.

Неповна роздільна система водовідведення передбачає відведення каналізаційною мережею тільки побутових та виробничих стічних вод. Атмосферні води стікають самотією у водойму по міських вулицях, проїздах, лотках і канавах без очищення.

Різновидом загальносплавної і роздільної систем є напівроздільна і змішана системи водовідведення.

Напівроздільна система каналізації у своєму складі має ті ж мережі, що і повна роздільна, але один головний колектор (рис. 3.5) з можливістю скидання надлишкової кількості дощових вод під час злив у водні об'єкти без очищення через розподільчі камери (рис. 3.6).

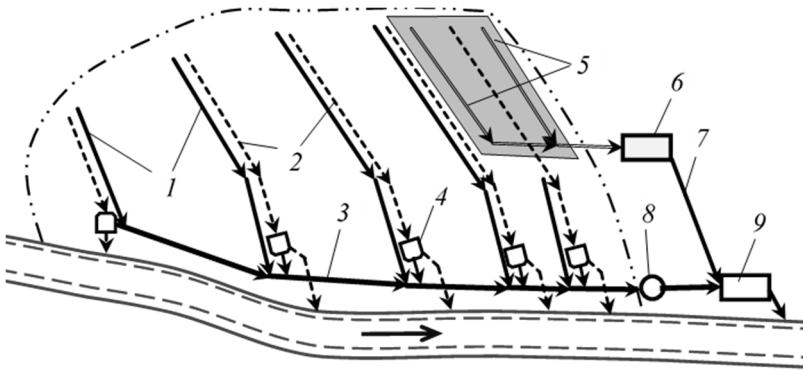


Рис. 3.5. Схема напівроздільної системи водовідведення:

1 – вуличні господарсько-побутові мережі; 2 – вуличні дощові мережі; 3 – головний колектор господарсько-побутової мережі; 4 – розподільчі камери; 5 – виробничі мережі промислових підприємств; 6 – очисні споруди виробничих стічних вод; 7 – колектор відведення очищених виробничих стічних вод; 8 – каналізаційна насосна станція (КНС); 9 – каналізаційні очисні споруди (КОС) з випуском очищених стічних вод у річку

У розподільчих камерах стічний потік ділиться на дві частини. Перші порції дощу із найбільш забрудненими поверхневими водами потрапляють у головний колектор господарсько-побутової мережі і разом із побутовими водами поступають на КОС. Інша частина скидається у водойму.

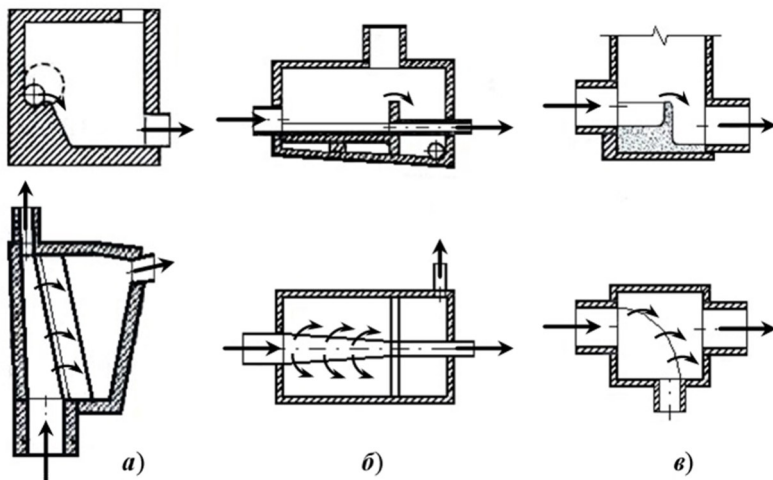


Рис. 3.6. Типи розподільчих камер з водозливами:

- а)* з прямолінійним однібічним водозливом;
- б)* з двобічним прямолінійним водозливом;
- в)* з криволінійним водозливом

Змішані системи водовідведення представляє собою поєднання загальносплавної, повної і неповної роздільних систем, які влаштовані у різних районах міст. Вони з'явилися у результаті розширення населених пунктів, які вже мали загальносплавну систему каналізації. Враховуючи, що у бездошову погоду загальносплавні колектори завантажені не повністю, до них приєднували господарсько-побутові мережі від нових житлових масивів та промислових підприємств. Для відведення атмосферних вод прокладали нові колектори із випуском дощових вод у найближчі водойми без очистки. Це призвело до інтенсивного забруднення водойм не тільки у містах, але й далеко за їх межами. Саме тому чинний норматив [23, п. 6.1, 6.10] рекомендує проектувати роздільну систему каналізації, а в окремих районах населених пунктів, як виняток, розглядати можливість застосування напівроздільної системи каналізації згідно вимог чинного законодавства. При цьому для кожного водозбірного басейну, який має випуск у водойму необхідно проектувати очисні споруди поверхневого стоку [23, п. 5.11].

Незважаючи на те, що затрати на влаштування та утримання об'єктів загальносплавної системи водовідведення є найменшими (сумарна довжина мереж на 30-45% менше у порівнянні із повною роздільною, відсутність додаткових споруд для очищення поверхневих вод), при реконструкції міських територій слід передбачати *перехід від загальносплавних, неповних роздільних та напівроздільних систем водовідведення до повних роздільних*. Інакше існуюча екологічна катастрофа буде тільки поглиблюватись і призведе до екологічного колапсу, тобто до незворотніх природно-антропогенних явищ, що виключають можливість самого існування людини у природньому середовищі.

При проектуванні нових і реконструкції існуючих мереж водовідведення слід враховувати, що *застосування відкритої мережі* (нагірних каналів, канав, лотків) для відведення поверхневих вод допускається у районах малоповерхової забудови, парках, сільських населених пунктах (до 5 тис. жителів), а також в умовах гірського рельєфу з облаштуванням містків або труб у місцях перетину вулиць, доріг, проїздів, тротуарів [23, п. 6.3 і 6.6].

Поверхневі дощові води перед скиданням у відкриті водойми слід направляти для очищення на централізованих чи локальних очисних спорудах з орієнтовним санітарним розривом до 20 м. Скидання вод поверхневого стоку у непроточні водойми не допускається [15, п. 14.4.2].

При відведенні поверхневих стічних вод з територій промислових підприємств визначення заходів з їх очищення та схеми відведення повинно ґрунтуватися на даних аналізів щодо видів та концентрації забруднювальних речовин і здійснюватися на основі оцінки технічної можливості та економічної доцільності [23, п. 6.11]:

- самостійного очищення з подальшим використанням у системах виробничого водопостачання;
- локалізації окремих виробничих територій, на які попадають шкідливі речовини, зі скиданням їх стоку у виробничу або у дощову каналізацію після попереднього очищення;

- спрямуванням у дощову мережу населеного пункту, якщо поверхневі стічні води підприємства за складом мало відрізняється від сільбищних.

Розвиток систем водовідведення населених пунктів на перспективу (за продуктивністю, строками будівництва, забезпеченістю безперервної роботи тощо) ув'язують з проектами розвитку системам водопостачання. Також слід узгодити місця розміщення випусків стічних вод по відношенню до майданчиків водозабірних споруд питного водопостачання (з урахуванням їхніх зон санітарної охорони) [23, п. 6.2].

3.3. Побутові, дощові та дренажні мережі

Мережі систем водовідведення населених пунктів розташовані у межах всіх їхніх каналізованих територій. Інколи в одному напрямку паралельно влаштовують дві, а інколи і більше, водовідвідних ліній (господарсько-побутові, дощові, виробничі, дренажні). Їхня сумарна вартість є найбільшою частиною систем водовідведення. Як комплекс інженерних споруд (колекторів, трубопроводів, каналів, лотків тощо) вони забезпечують організований збір і доставку різних видів стічних вод з території об'єкта каналізування (міста, селища, села) до каналізаційних очисних споруд (КОС).

За способом відведення стічних вод мережі водовідведення можуть бути:

- закритими (рис. 3.7) – підземні колектори різних форм і розмірів і трубопроводи;
- відкритими (рис. 3.8) – наземні канали, канави, кювети, лотки.

У сучасних містах влаштовують закриті мережі водовідведення. Їх влаштування доцільне як із санітарної (практично відсутнє забруднення територій і повітря), так і з містобудівної точок зору (неперешкоджання руху транспорту і пішоходів, вивільнення територій під забудову та благоустрій). Території над закритими мережами використовують, першочергово під зелені насадження, стоянки для автомобілів, тротуари, велодоріжки і, як виняток, для влаштування проїзних частин міських вулиць і доріг.



a)



б)

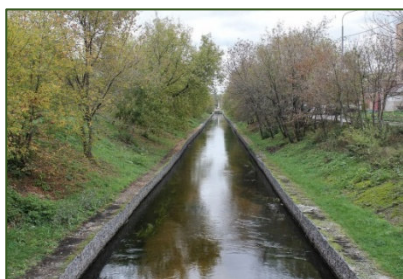


в)



г)

Рис. 3.7. Закриті мережі водовідведення:
a) колектор бенкетної форми; *б)* колектор шатрової форми;
в) трубопровідні мережі дощового водовідведення;
г) міський простір над закритими мережами



a)



б)

Рис. 3.8. Відкриті мережі дощового водовідведення:
a) канали; *б)* лотки

За формами поперечних перетинів водовідвідні мережі можуть бути різними (рис. 3.9). Вибір форми залежать від умов прокладання мереж: гідрогеологічних умов; призначення мереж; наявності вільного підземного простору; можливість прокладання разом з іншими інженерними мережами та підземними міськими спорудами; допустимих режимів руху стічних вод у колекторах тощо.

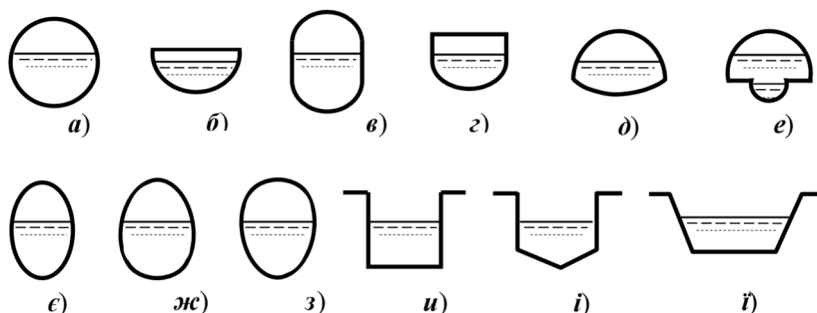


Рис. 3.9. Форми поперечних перетинів колекторів:

а) круглі; *б)* напівкруглі; *в)* напівкруглі з прямими вставками; *г)* лоткові; *д)* шатрові; *е)* бенкетні; *є)* еліптичні; *ж)* яйцеподібні; *з)* яйцеподібні перевернуті; *и)* прямокутні канали; *і)* п'ятикутні канали; *ї)* трапецієвидні канали

За матеріалом колектори різних форм влаштовують залізобетонними (рис. 3.7, *а* і 3.10, *б*), а трубопроводи керамічними (рис. 3.10, *а*), залізобетонними (рис. 3.10, *б*), пластмасовими (рис. 3.11) і чавунними (рис. 3.11, *з*) тощо.



Рис. 3.10. Керамічні (*а*) та залізобетонні (*б*) труби для мереж водовідведення

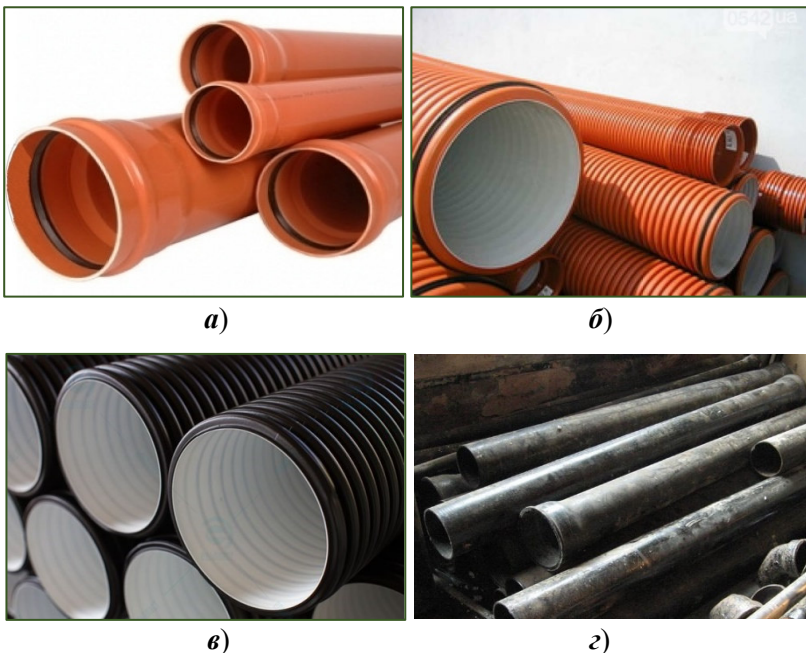


Рис. 3.11. Каналізаційні труби для мереж водовідведення:
а) полівінілхлоридні (ПВХ); *б)* гофровані двохшарові поліпропіленові;
в) те ж, поліетиленові; *г)* чавунні

За способом транспортування стічних вод мережі водовідведення можуть бути:

- *самопливні* – основна форма функціонування мереж водовідведення у населених пунктах України;
- *напірні* – трубопроводи від КНС для перекачування стічних вод на КОС або у вище розташовані мережі;
- *вакуумні* – трубопровідні системи інноваційної технології відведення стічних вод на територіях з плоским рельєфом для невеликих об'єктів (стадіони, атракціони, групи будинків, малі населені пункти) [39].

Дренажні мережі призначені для збору і відведення з підтоплених територій населених пунктів ґрунтових вод. Їхня конструкція, розміщення у ґрунтах і умови роботи відрізняються від господарсько-побутових, дощових і виробничих.

Найчастіше вони представляють собою горизонтальні і променеві дренажні трубопроводи для відведення дренажних вод (дренажі закритого типу). Їх влаштовують із труб зі щільною або дірчатою перфорацією (рис. 3.12), параметри яких характеризують розміри: D – зовнішній діаметр дренажної труби; S – крок перфорації; ℓ , τ – довжина і ширина щілини; φ – кут між рядами перфорації; d_0 – діаметр отвору.

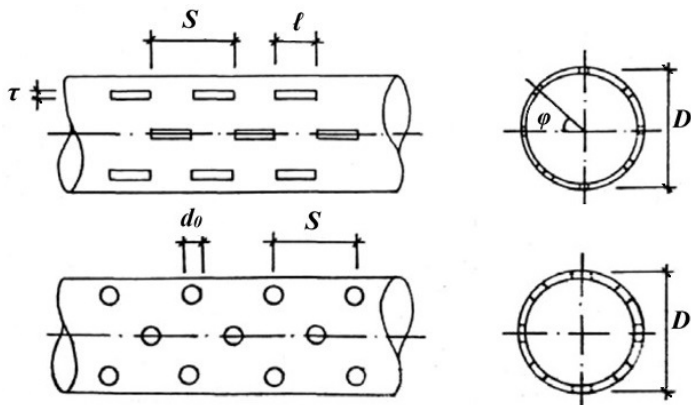


Рис. 3.12. Дренажні труби із щільною або дірчатою перфорацією

Для захисту від замулення частинками ґрунту зовнішню поверхню труб покривають захисними кожухами із волокнистих матеріалів або геотекстилю чи розміщують їх у щебеневій або гравійній обсыпці (рис. 3.13 і 3.14).

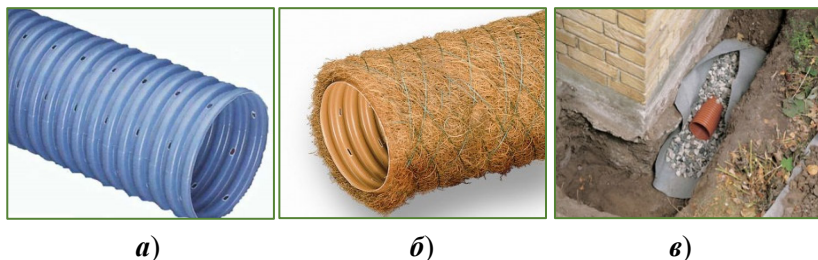


Рис. 3.13. Пластмасові дренажні труби: *а)* з дірчатою перфорацією; *б)* із захисним волокнистим кожухом; *в)* з дренажною обсыпкою і геотекстилем

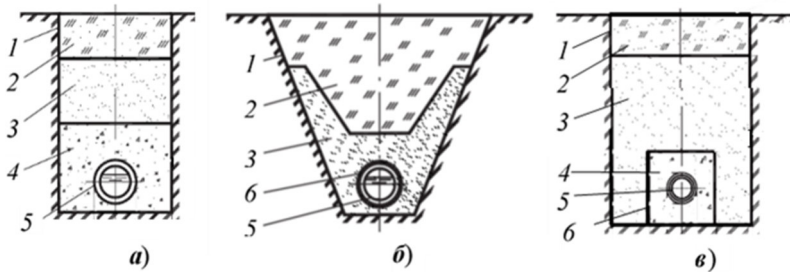


Рис. 3.14. Розміщення дренажних труб у траншеях:

а) з гравійною обсіпкою; **б)** з обгортанням геотекстильним матеріалом і піщаною обсіпкою; **в)** з гравійною обсіпкою у чохлі із геотекстильного матеріалу

1 – стінка траншеї; 2 – місцевий ґрунт; 3 – засипка різнозернистим піском; 4 – одношарова обсіпка гравієм чи дрібним щебнем; 5 – дренажна труба; 6 – геотекстильний фільтрувальний матеріал

Дренажні труби влаштовують у понижених місцях підтоплованих територій. Їх укладають у траншеї з ухилом в одну сторону для відведення дренажних вод (рис. 3.15). У кінці збірного колектора влаштовують приймальний колодязь, із якого воду відкачують насосами.



Рис. 3.15. Укладання дренажних труб з гравійною обсіпкою у геотекстильному чохлі у траншеї

3.4. Схеми каналізаційних мереж та основні принципи їх влаштування

Схеми каналізаційних мереж залежать від рельєфу місцевості, місць розміщення КОС та ОСПВ та прийнятої системи водовідведення у населеному пункті. Найбільше поширення у населених пунктах України отримали схеми, наведені на рис. 3.16.

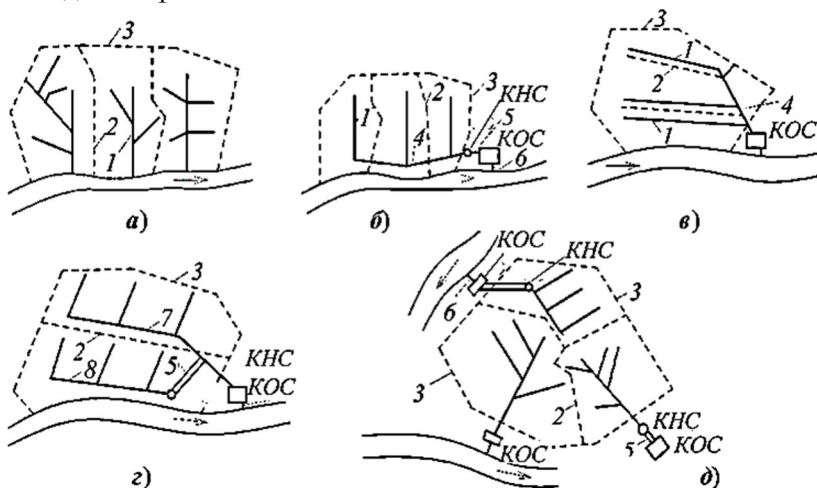


Рис. 3.16. Схеми каналізаційних мереж: а) перпендикулярна; б) пересічна; в) паралельна; г) зонна; д) радіальна;

1 – колектор басейну каналізування; 2 – межа басейну каналізування; 3 – межа об'єкту каналізування; 4 – головний колектор; 5 – напірний трубопровід; 6 – випуск; 7 – головний колектор верхньої зони; 8 – те ж, нижньої зони

Перпендикулярна схема передбачає трасування колекторів у кожному басейні каналізування перпендикулярно до русла водойми і горизонталей. Застосовуються для відведення у водойму атмосферних вод, що не потребують очищення.

У пересічній схемі додатково до перпендикулярної колектори басейнів каналізування перехвачують головним колектором, який трасують паралельно руслу річки. Таку схему застосовують при незначних ухилах рельєфу до водойми і відведенням стічних вод на КОС для очистки.

У паралельній схемі колектори трасують паралельно руслу водойми до головного колектора, який відводить стічні води на КОС або до КНС.

У зонній схемі територію каналізування розбивають на кілька зон, з яких стічні води відводяться на КОС самопливом або з перекачуванням КНС.

Радіальну схему застосовують у великих містах при складному рельєфі місцевості з розбивкою їхніх територій на кілька зон каналізування із відведенням від них стічних вод на окремі КОС.

Головні колектори влаштовують для кожної зони водовідведення. Їх прокладають у понижених місцях (тальвегах басейнів каналізування, вздовж берегів річок тощо)

Басейнові колектори водовідведення прокладають найкоротшим шляхом від житлових масивів, кварталів житлової забудови та промислових підприємств до головного колектора. До цих колекторів приєднують *вуличні мережі*, які прокладають по вулицях, дорогах чи проїздах найближче до кварталів міської забудови за трьома основними схемами (рис. 3.17).

З понижених сторін кварталів – схема з влаштуванням вуличних мереж лише вздовж сторін кварталів з найменшими геодезичними позначками. Її застосовують при значних ухилах поверхні землі до однієї або двох границь кварталу (0,008–0,01 і більше).

Охоплююча схема передбачає влаштування вуличних мереж з кожної сторони кварталу. Цю схему застосовують при відносно плоскому рельєфі місцевості з ухилами 0,005–0,007 та при великих розмірах кварталів, коли приєднання внутрішньоквартальних мереж призведе до значного заглиблення вуличних колекторів.

Черезквартальна схема дозволяє значно скоротити довжину мереж і їхню вартість, так як вуличні мережі прокладають усередині кварталів прямолінійно або з мінімальною кількістю поворотів. Однак, при цьому траса мереж повинна бути ув'язана із планом забудови кварталів.

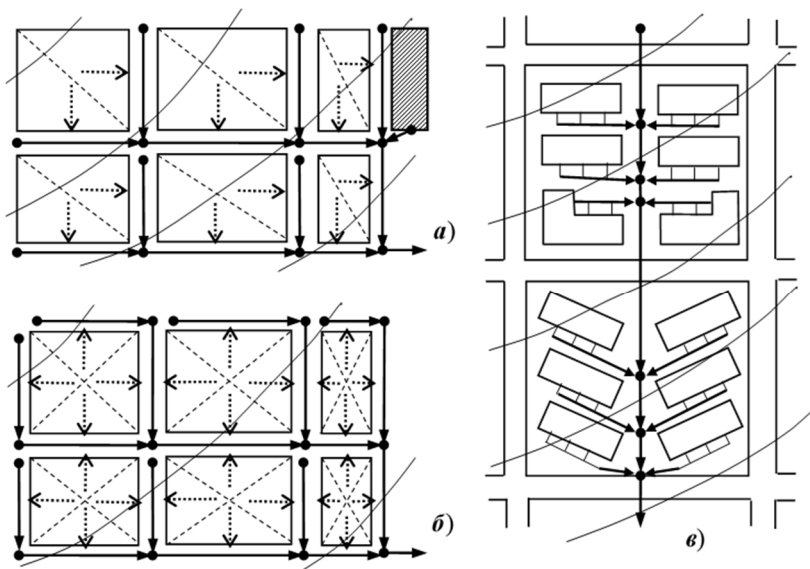


Рис. 3.17. Схеми трасування каналізаційних мереж
а) з понижених сторін кварталів; б) охоплююча;
в) черезквартальна

Мережі водовідведення повинні бути закритого типу. Надземне та наземне прокладання каналізаційних трубопроводів на території населених пунктів, як правило, не допускається [23 п. 8.1.2]. Самопливні та вакуумні мережі каналізації влаштовують, переважно, в одну лінію. З метою підвищення надійності роботи водовідвідних мереж, за необхідності, можливе влаштування перетоків між окремими самопливними мережами [23, п. 8.1.4].

Всі каналізаційні самопливні мережі і напірні трубопроводи, що проектується або реконструюються, а також існуючі мережі, повинні мати захисні охоронні зони [23, п. 8.1.9]. Вони необхідні для попередження травматизму при аваріях на них та для їх ліквідації. Розміри захисних охоронних зон каналізаційних самопливних мереж і напірних трубопроводів (у кожную сторону від бокової стінки трубопроводу) повинні бути не менше 5 м (для самопливних мереж з глибиною укладання менше 4 м розміри можуть становити 3 м) [23, п. 17.1.2].

Контрольні питання

- 1. Які види стічних вод утворюються у населених пунктах?*
- 2. Призначення міських систем водовідведення?*
- 3. Як організовано водовідведення у сучасних населених пунктах?*
- 4. Що таке технологічна схема каналізаційних очисних споруд (КОС)?*
- 5. Які види очистки проходять стічні води на КОС?*
- 6. Які системи водовідведення застосовують у населених пунктах?*
- 7. Порівняйте різні системи водовідведення населених пунктів.*
- 8. Яким системам водовідведення слід віддавати перевагу? І чому?*
- 9. Як необхідно відводити поверхневі води з територій населених пунктів?*
- 10. Поясніть основні принципи влаштування каналізаційних мереж.*
- 11. Які функції виконують розділові камери?*
- 12. Що собою представляють змішані системи водовідведення?*
- 13. Яка процедура скидання поверхневих дощових вод у відкриті водойми?*
- 14. Наведіть класифікацію мереж водовідведення за основними ознаками.*
- 15. Що таке дренажні мережі?*
- 16. Як розміщують дренажні труби у траншеях?*
- 17. Охарактеризуйте основні схеми каналізаційних мереж.*
- 18. Де влаштовують головні та басейнові колектори?*
- 19. Якими можуть бути вуличні мережі водовідведення в плані?*
- 20. Як вибрати систему і схему водовідведення міста?*

Розділ 4. Газопостачання

Газопостачання населених пунктів є однією із важливих складових їхнього енергозабезпечення. Природні газ є екологічно чистим видом палива, яке знайшло широке застосування для побутових і господарських потреб та опалення, у житлових будинках, побутових закладах, ТЕС, котельнях і промислових підприємствах.

4.1. Схема подачі природних газів у населені пункти

Подачу газу до споживачів (населених пунктів, підприємств, ТЕС) здійснюють через газотранспортну систему (рис. 4.1). На газових родовищах із свердловин газ поступає на сепаратори, для затримання механічних домішок гірських порід. Очищений газ по магістральних газопроводах транспортують на сотні, а часто і тисячі кілометрів до споживачів.

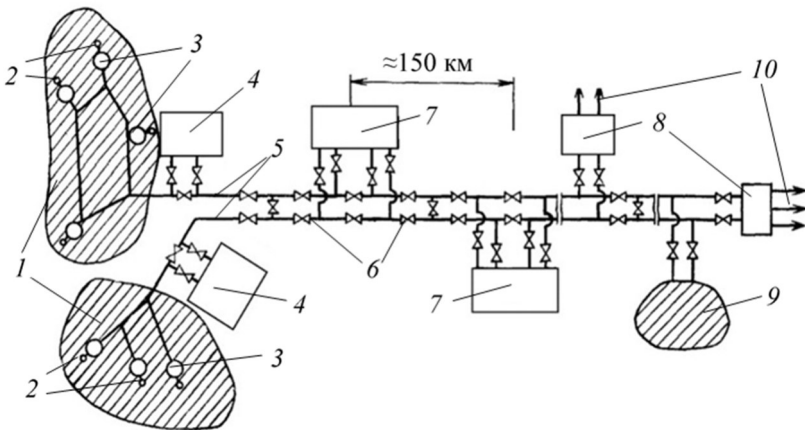


Рис. 4.1. Принципова схема газотранспортної системи:

1 – газові родовища; 2 – свердловини; 3 – сепаратори; 4 – родовищні газорозподільні станції; 5 – магістральні газопроводи; 6 – лінійна запірна арматура; 7 – проміжні компресорні станції; 8 – газорозподільні станції (ГРС); 9 – підземне газосховище; 10 – підключення споживачів

Транспортування газу здійснюють із значними тисками (5,5–7,5 МПа), які створюють компресорні станції. Їх розташовують вздовж траси магістральних газопроводів (орієнтовно через 150 км). Для створення запасів газу та регулювання його подачі у місцях споживання створюють підземні газосховища. До населених пунктів газ поступає від магістральних газопроводів через газорозподільні станції (ГРС), до яких приєднують газові мережі населених пунктів чи промислових підприємств. На території населених пунктів влаштовують газові мережі різних тисків (рис. 4.2).

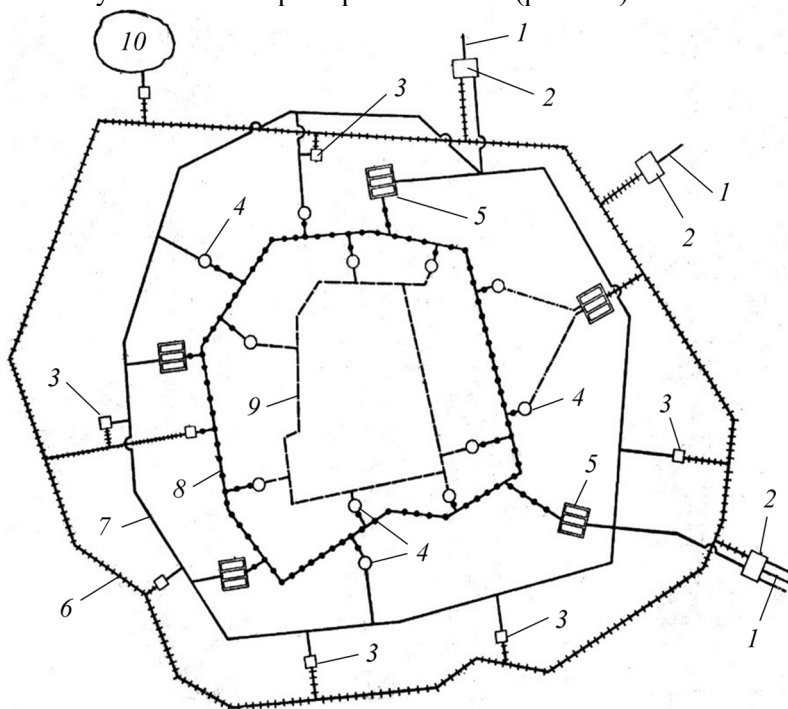


Рис. 4.2. Принципова схема газопостачання міста:

1 – магістральні газопроводи; 2 – газорозподільні станції (ГРС); 3 – газорегуляторні пункти (ГРП) високого тиску; 4 – теж, середнього тиску; 5 – газгольдерні станції (ГГС); 6, 7, 8 і 9 – трубопроводи, відповідно, високого I-ї категорії, високого II-ї категорії, середнього і низького тисків; 10 – газосховище

Кількість газових мереж різних тисків залежить від розмірів населеного пункту, вимог споживачів газу до величин тисків (табл. 4.1) та місцевих умов.

Зв'язок між газопроводами різних рівнів тиску повинен здійснюватися тільки через ГРП, ГРПБ чи ШГРП [18, п. 5.3]. Залежно від величин потрібного тиску газу окремі споживачі можуть підключатись до будь-якої мережі за допомогою індивідуальних газорегуляторних установок (ГРУ).

Основні запаси газу зберігають у підземних газосховищах, які розташовують поблизу траси магістральних газопроводів і споживаючих центрів. При зниженні споживання газу його закачують у сховище, а при збільшенні – відбирають.

Газгольдерні станції дозволяють зберігати у резервуарах (газгольдерах) запаси газу, регулювати його подачу із заданим тиском. Їх застосовують як у системах централізованого газопостачання, так і за їх відсутності, коли для потреб окремих споживачів у газгольдери закачують привозний газ.

4.2. Системи і схеми газопостачання населених пунктів, газове устаткування

Системи газопостачання населених пунктів – це технічні комплекси, до складу яких входять *газопроводи* для транспортування горючих газів (включаючи міжселищні), *споруди та пристрої на газопроводах, засоби захисту* від електрохімічної корозії, *газопроводи і газове обладнання промислових та інших підприємств, котельнь, ТЕС, житлових та громадських будинків, газонаповнювальні і газозаправні станції* та пункти, *резервуарні, групові та індивідуальні установки* зріджених вуглеводневих газів.

Системи газопостачання повинні забезпечувати [18, п. 4.2] *надійну та безпечну подачу горючих газів* з можливістю оперативного відключення відгалужень до відособлених житлових районів, підприємств, споживачів, а також відключення ділянок закільцьованих газопроводів з тиском газу понад 0,005 МПа. При цьому допускається здійснювати дистанційний контроль, управління розподілом газу та його комерційний облік за допомогою АСУ ТП.

За робочим тиском газу, що транспортується, газопроводи поділяють на [18, п. 5.2]:

- *високого тиску I категорії* – від 0,6 до 1,2 МПа для природного газу та газоповітряних сумішей і до 1,6 МПа для скраплених вуглеводневих газів;
- *високого тиску II категорії* – від 0,3 до 0,6 МПа;
- *середнього тиску* – від 0,005 до 0,3 МПа;
- *низького тиску* – до 0,005 МПа.

За кількістю рівнів тиску подачі газу споживачам газопроводи можуть бути [18, п. 5.3]:

- *одноступеневі* – одного рівня (низького або середнього);
- *двоступеневі* – двох рівнів (середнього і низького, або середнього та високого I чи II категорії, або високого II категорії і низького) (рис. 4.3);
- *треступеневі* – трьох рівнів (високого I чи II категорії, середнього та низького);
- *багатоступеневі* – чотирьох рівнів (високого I та II категорій, середнього та низького) (рис. 4.2).

Газові мережі прокладають по всій газифікованій території населених пунктів. При цьому трубопроводи мереж *високого тиску I-ї категорії* влаштовують поза межами житлової забудови в околицях населених пунктів. Не допускається їх прокладання в місцях розташування і масового скупчення людей (торгові центри, ринки, стадіони, культові споруди тощо) [18, п. 5.6]. Газові мережі *високого тиску II-ї категорії* можуть бути влаштовані у районах з малою щільністю населення, а газопроводи *середнього тиску* прокладені – по усіх вулицях. Мережі *низького тиску* доставляють газ до споживачів, тому їх влаштовують у середині кварталів.

Зовнішні газові мережі на території населених пунктів повинні бути підземними [18, п. 7.2]. Допускається наземне та надземне прокладання мереж із сталевих труб всередині житлових кварталів (в основному на стінах будинків і споруд), при перетині природних перешкод (ріки, яри тощо), а також на вулицях за неможливості підземного прокладання (насиченість підземного простору інженерними комунікаціями та спорудами, скельні ґрунти тощо).

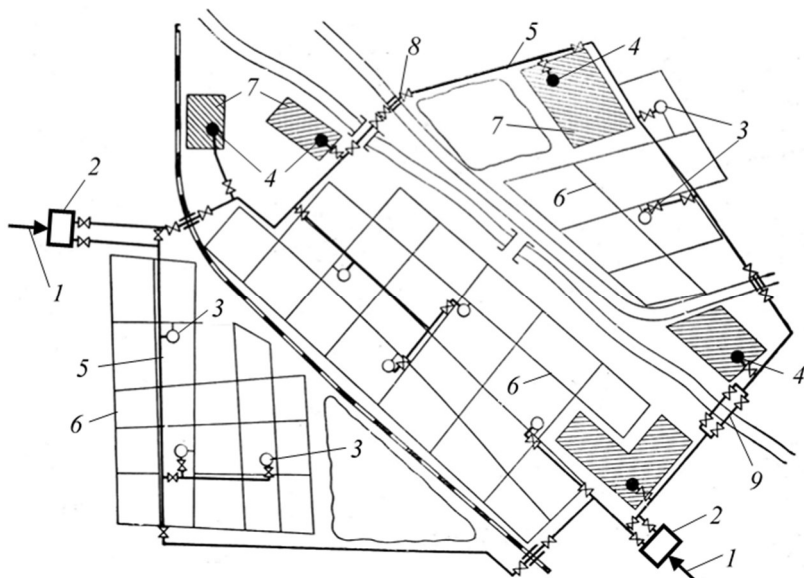


Рис. 4.3. Схема двоступеневої системи газопостачання населеного пункту:

1 – підключення від магістральних газопроводів; 2 – газорозподільні станції магістральних газопроводів (ГРС); 3 – газорегуляторні пункти; 4 – газорегуляторні установки; 5 – трубопроводи середнього чи високого тиску II-ї категорії; 6 – трубопроводи низького тиску; 7 – промислове підприємство; 8 – перехід під дорогою; 9 – дюкер

Основні лінії газових мереж влаштовують кільцевими, а підключення окремих споживачів – тупиковими. Кільцеві мережі є більш надійними, але більш дорогівартісними. Тому, тупикові лінії влаштовують тільки у початковий період газифікації міста, для невеликих населених пунктів або окремих районів міста.

Подача газу у мережі нижчих тисків здійснюється через пункти регулювання газу (ПРГ), які знижують тиск і підтримують його на заданому рівні (рис. 4.4):

- *газорегуляторні пункти (ГРП)* – змонтовані на місці і розташовані в окремих, прибудованих або вбудованих у будинки приміщеннях чи на відкритих майданчиках;

- газорегуляторні пункти блокові (ГРПБ) – повністю змонтовані в заводських умовах і розташовані в одному або декількох контейнерах;
- шафові регуляторні пункти (ШРП) – повністю змонтовані в заводських умовах і розташовані у металевих шафах;
- газорегуляторні установки (ГРУ) – змонтовані на місці і розташовані у приміщеннях, у яких розміщені установки, що використовують газ, або в суміжних приміщеннях, сполучених між собою відкритим отвором;
- комбіновані будинкові регулятори тиску газу (КБРТ) – регулятори тиску, призначені для постачання горючих газів низького тиску до одного або декількох житлових будинків чи інших споживачів при вхідному тиску газу до 0,6 МПа та витраті не більше 10 м³/год.

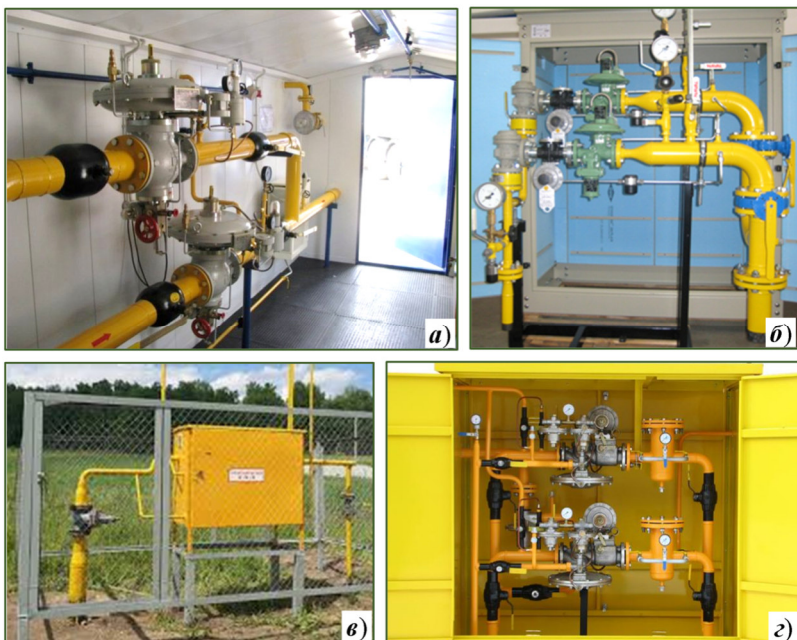


Рис. 4.4. Пункти регулювання газу (ПРГ):

а) газорегуляторний пункт (ГРП); б) газорегуляторний пункт блоковий (ГРПБ); в) шафовий регуляторний пункт (ШРП) – вид зовні; г) ШРП – вид з середини

РПГ можуть бути *одноступінчастими* (рис. 4.5) або *двоступінчастими*. В одноступінчатих тиск газу регулюється одним, а в двоступінчастому – двома послідовно встановленими регуляторами. Одноступінчасті схеми, зазвичай, застосовують при різниці між вхідним і вихідним тиском до 0,6 МПа.

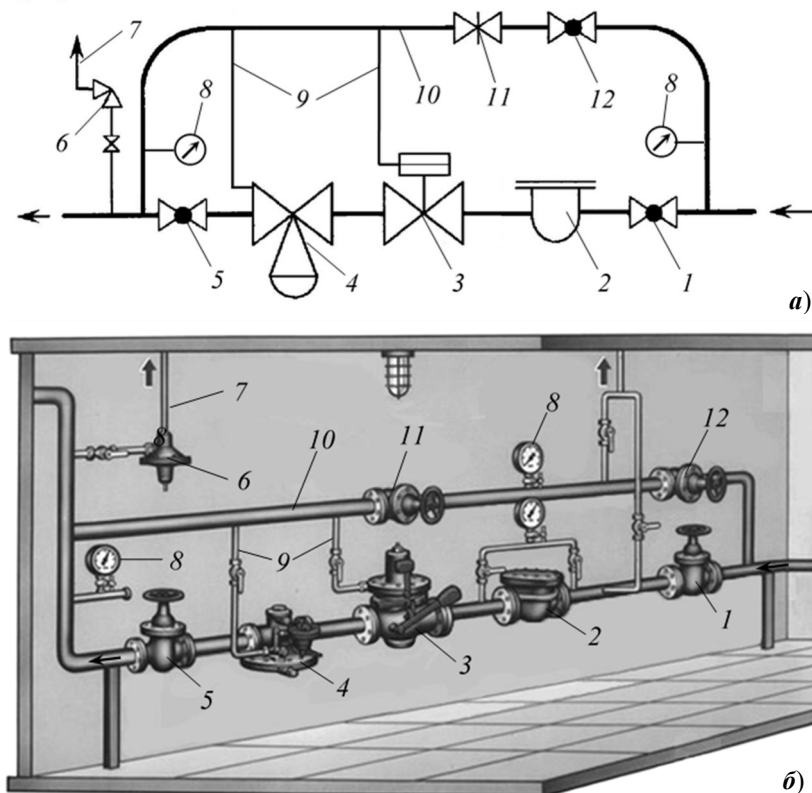


Рис. 4.5. ГРП і ГРУ: а) принципова схема; б) загальний вигляд технологічного обладнання;

1 і 5 – кран або засувка для відключення газу на основній лінії;
 2 – фільтр; 3 – запобіжний запірний клапан; 4 – регулятор тиску;
 6 – запобіжний скидний клапан; 7 – скидна труба («свіча»);
 8 – манометри; 9 – імпульсні трубки; 10 – байпас; 11 – засувка для регулювання тиску при газу подачі через байпас;
 12 – запірний кран для відключення подачі газу через байпас

Основне технологічне обладнання ПРГ (рис. 4.5) до свого складу включає: *фільтр* для очищення газу від механічних домішок; *запобіжний запірний клапан*, який перекриває потік газу, якщо регулятор тиску не забезпечить необхідного зниження тиску; *регулятор тиску*, який є основним робочим елементом і знижує тиск до заданої величини; *запобіжний скидний клапан*, який знижує тиск скиданням газу в повітря, у разі підвищення тиску на виході з ПРГ; *прилади контролю тиску та обліку витрат газу* (за потреби); *обвідний трубопровід (байпас)* служить для подачі газу споживачам при обслуговуванні чи заміні обладнання ПРГ. При цьому, тиск регулюють вручну за допомогою засувки на обвідній лінії і за показами манометрів.

На ПРГ з пропускною здатністю понад 5000 м³/год і вхідним тиском більше 0,6 МПа замість байпасу встановлюють додаткову резервну лінію регулювання. В ПРГ промислових підприємств з максимальною витратою газу понад 50 000 м³/год для редукування тиску газу допускається застосування регулюючих затворів.

Для захисту від стороннього впливу окремо розташовані ПРГ повинні мати провітрювані огорожі висотою 1,6 м. Частина обладнання (засувки, фільтри тощо) можуть бути винесені за ПРГ. При цьому вони повинні знаходитись у межах огорожі, висоту якої збільшують до 2,0 м [18, п. 8.6].

Для забезпечення розрахункових технологічних режимів роботи та безпечних умов експлуатації газових мереж на них встановлюють таке обладнання:

- *запірну арматуру* – для відключення споживачів газу та ділянок мережі при аваріях, проведенні ремонтних робіт чи профілактичному обслуговуванні;
- *гідрозатвори* – для відключення окремих споживачів газу та підземних ділянок газопроводів низького тиску;
- *компенсатори* – для компенсації температурних деформацій трубопроводів і недопущення їх пошкоджень;
- *конденсатозбірники* – для збору і видалення конденсату із трубопроводів;
- *контрольні трубки* – для виявлення витоків газу з підземних трубопроводів.

Для влаштування та обслуговування обладнання газових мереж на трубопроводах влаштовують такі споруди:

- колодязі – для розміщення трубопровідної арматури і компенсаторів (рис. 4.6);

- коври – для захисту від механічних пошкоджень приєднувальних і контактних виводів контрольних пристроїв, конденсатозбірників, гідрозатворів та арматури (рис. 4.7).

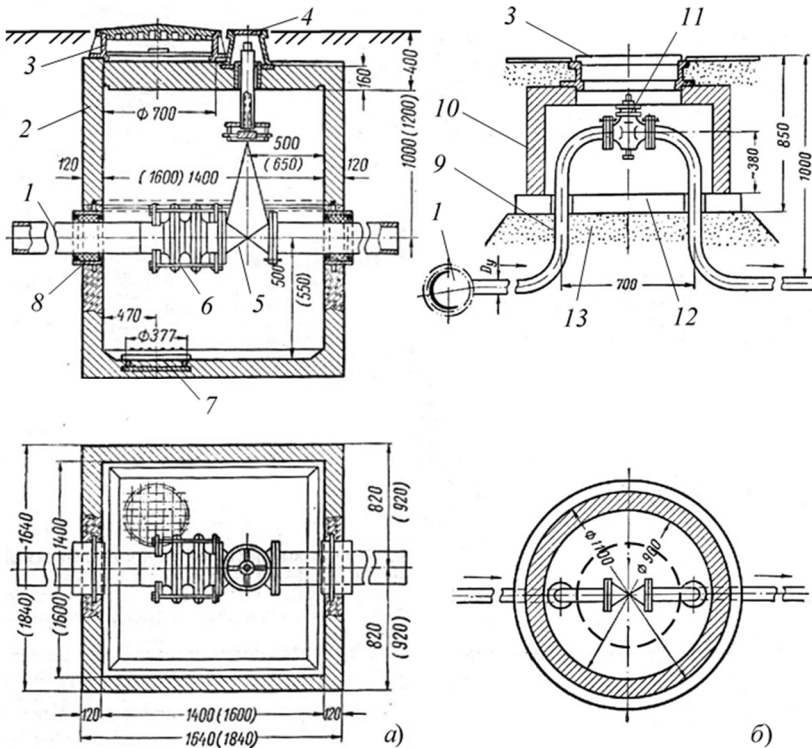


Рис. 4.6. Типові конструкції колодязів газових мереж:

а) із монолітного залізобетону; б) малого заглиблення із збірних залізобетонних елементів для труб $d_y \leq 70$ мм;

1 – трубопровід $d_y = 100..200$ мм; 2 – робоча камера; 3 – люк; 4 – ковер;
5 – засувка; 6 – лінзовий компенсатор; 7 – прямок; 8 – футляр;
9 – трубопровід $d_y = 40..70$ мм; 10 – залізобетонна камера; 11 – запірний
кран; 12 – плита днища; 13 – гравій

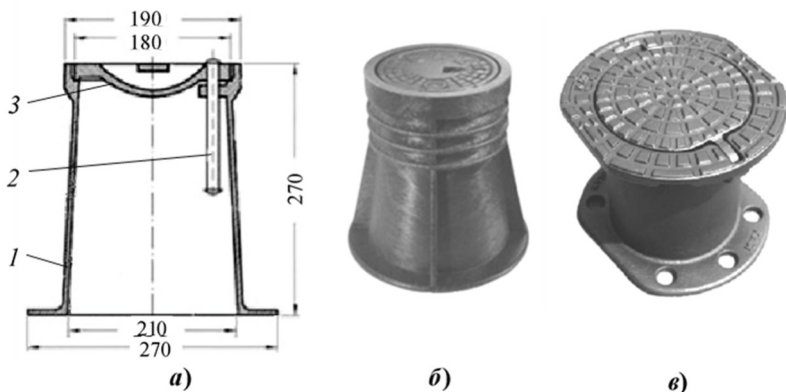


Рис. 4.7. Ковери газові:

а) схема в розрізі; б) і в) загальні види різних типів коверів;
1 – корпус; 2 – стержень-фіксатор; 3 – кришка

Запірна арматура (засувки, коркові та кульові крани) повинна бути герметичною по відношенню до зовнішнього середовища і призначеною для вуглеводневих газів [34, п. 2.1.2].

Гідрозатвори (рис. 4.8) є простими і герметичними пристроями для відключення газу на підземних газопроводах низького тиску. Для відключення газу у гідрозатвор заливають воду, яка перекриває прохід газу. Висота стовпа води повинна бути більшою на 200 мм за величину робочому тиску P_p , мм вод. ст., у газовій мережі (так, при $P_p = 0,005$ МПа, еквівалентному 510 мм вод. ст., висота стовпа води у гідрозатворі повинна бути не менше 710 мм). Для відновлення подачі газу воду відкачують привозним насосом. Гідрозатвори встановлюють нижче рівня промерзання ґрунту і обладнують пристроями для заміру електричного потенціалу газопроводу.

Компенсатори забезпечують рухливість підземних газопроводів у ґрунті та знижують силовий вплив ґрунту, що деформується. На газопроводах у колодязях встановлюють гумокордові та телескопічні компенсатори (рис. 4.9) та П та Г-подібні компенсатори з труб (рис. 5.11), які укладають у залізобетонні канали [18, п. 13.12].

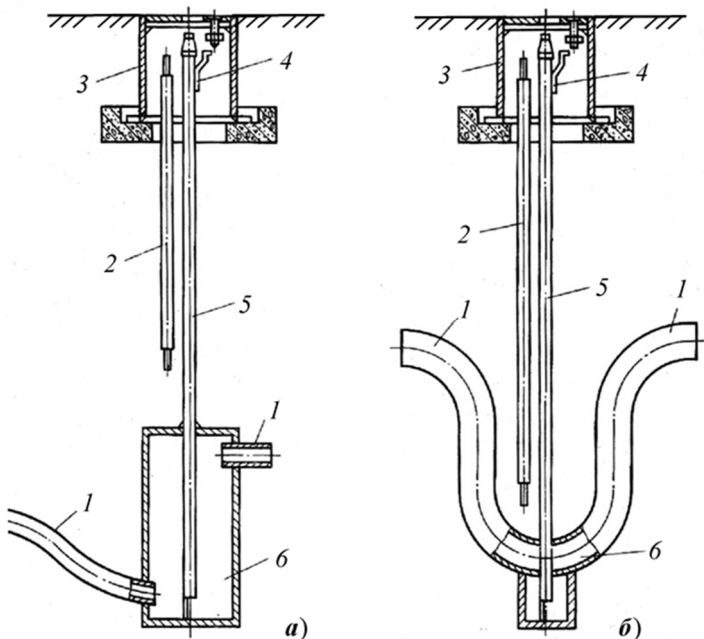


Рис. 4.8. Гідрозатвори:

а) для труб $d_y=50-150$ мм; **б)** для труб $d_y=150-300$ мм;
 1 – газопровід; 2 – електрод заземлення; 3 – ковер; 4 – контактна пластина; 5 – стояк (трубка для заливу води); 6 – гідрозатвор

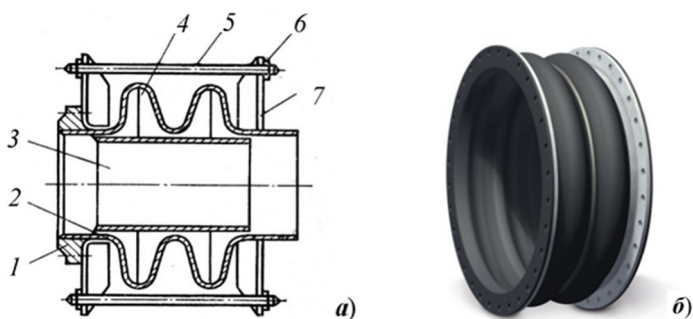


Рис. 4.9. Лінзовий (**а**) та гумокордовий (**б**) компенсатори:

1 – фланець; 2 – патрубок; 3 – телескопічна вставка; 4 – напівлінзи;
 5 – стержень; 6 – гайка; 7 – рухомий фланець

Конденсатозбірники (рис. 4.10) – застосовують для збору і видалення конденсату із газопроводів, що транспортують *неосушений газ*. Конденсатозбірники встановлюють у нижніх точках траси трубопроводів, які прокладають з ухилом не менше ніж 5‰ до них. Видалення конденсату проводять періодично відкачуванням привозними насосами, які приєднують до кранкорка відвідної трубки.

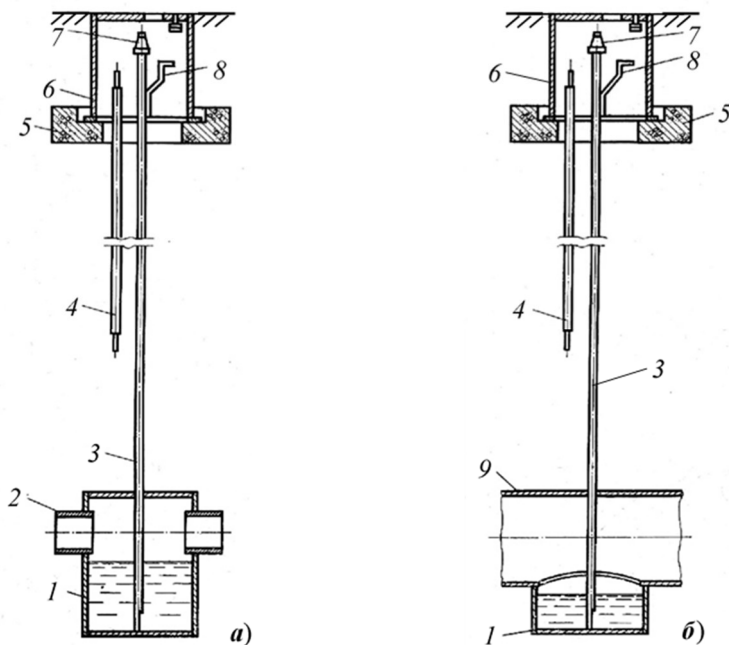


Рис. 4.10. Конденсатозбірники:

а) циліндричної форми; *б)* у вигляді трійника;

1 – циліндричний корпус; 2 – прохідні патрубки; 3 – відвідна труба;
4 – електрод заземлення; 5 – залізобетонна «подушка»; 6 – ковер;
7 – кран-корок; 8 – контактна пластина; 9 – газопровід

Контрольні трубки (рис. 4.11, *а*) встановлюють на підземних газових мережах у місцях потенційної загрози витікання газу: над компенсаторами безколядзньої установки, над з'єднаннями труб чи місцями загрози їх ушкодження.

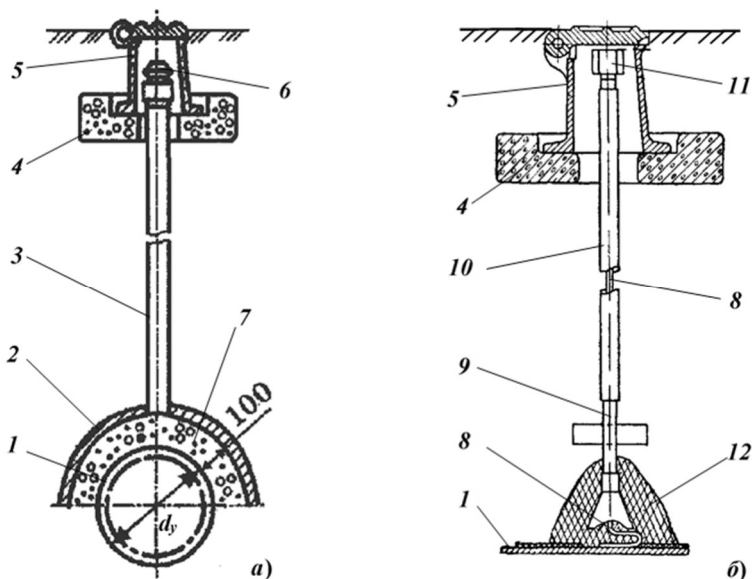


Рис. 4.11. Контрольні пристрої зовнішніх газопроводів:

а) контрольна трубка; *б)* контрольно-вимірювальний пристрій;
 1 – газопровід; 2 – кожух; 3 – сталевая труба $\varnothing$ 50 мм; 4 – бетонна або залізобетонна плита; 5 – ковер; 6 – корок; 7 – щебінь або гравій;
 8 – контактний сталевий провід; 9 – неізольована частина кожуха;
 10 – ізольована частина сталевого кожуха заповненого бітумом;
 11 – зйомний ковпак; 12 – бітум

Контрольно-вимірювальні пункти влаштовують для замірів електричного потенціалу газопроводів із сталевих труб, що необхідно для своєчасного виявлення загрози електрохімічної корозії. Для виміру потенціалу газопроводу до контрольно-вимірювального пристрою (рис. 4.11, б) під'єднують високоомний вольтметр. Контрольно-вимірювальні пункти слід влаштовувати з інтервалами не більше ніж [18, п. 7.84]:

- на газопроводах на території міст:
 - що мають джерела блукаючих струмів – 100 м;
 - що не мають джерела блукаючих струмів – 150 м;
- на газопроводах на території селищ і сіл – 200 м;
- на газопроводах поза населеними пунктами – 500 м;

- у місцях максимального зближення газопроводів з джерелами блукаючих струмів (тягові підстанції, колійні дроселі, рейкові шляхи електрифікованого транспорту);
- при переході газопроводів через водні перешкоди шириною більше ніж 75 м - на одному березі.

Необхідність встановлення КВП у місцях перетину газопроводів між собою та з іншими підземними металевими інженерними мережами (крім силових кабелів) вирішується залежно від корозійних умов.

4.3. Нормативні вимоги до влаштування газопроводів населених пунктів

Тиск газу у внутрішньобудинкових газових мережах не повинен перевищувати значень, наведених у таблиці 4.1 [18, п. 5.5, табл. 1]. Перед побутовими газовими приладами тиск газу слід приймати за паспортними даними приладів, але не більше зазначеного у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1

Величини тиску газу у внутрішніх будинкових газопроводах

№ з/п	Споживачі газу	Максимальний тиск газу, МПа
1	Будинки виробничого призначення промислових та аграрних підприємств, а також окремо розташованих підприємств побутового обслуговування населення (лазні, пральні, хімчистки тощо)	0,6
2	Котельні в окремих будівлях на території підприємств та населених пунктів, а також вбудовані і прибудовані до виробничих будівель підприємств	0,6
3	Котельні прибудовані та вбудовані у громадські будинки, прибудовані до житлових будинків, а також дахові	0,005
4	Житлові будинки, включаючи прибудови до них (крім котельнь), вбудовані в них побутові та інші приміщення	0,003

Для контролю за використанням газу та роботою системи газопостачання влаштовують *вузли обліку газу*:

- *комерційні* (у місцях максимально наближених до точок розмежування газорозподільних мереж їх операторів та споживачів [18, п. 9.96 і 9.98]);
- *некомерційні (технологічні)* [18, п. 9.99]:
 - окремі населені пункти, цехи, дільниці, агрегати, що споживають понад 200 тис. м³ газу за рік;
 - усі водогрійні котли з тепловою продуктивністю понад 1 Гкал/год і парові котли продуктивністю понад 1 т/год.

Для управління роботою газопроводів та проведення аварійно-відновлювальних робіт на зовнішніх газових мережах встановлюють вимикаючі пристрої (засувки, коркові чи кульові крани), які слід передбачати у таких місцях [18, п. 7.68]:

- на вводах у житлові, громадські та виробничі будинки;
- на вводах у пункти редукування газу (ПРГ), а у системах із двома та більше закільцьованими ПРГ і на виводах із ПРГ;
- на відгалуженнях міжселищних газопроводів до населених пунктів або до підприємств;
- на відгалуженнях розподільних газопроводів до житлових масивів, кварталів та окремих груп житлових будинків;
- на ремонтних ділянках розподільних газопроводів середнього та високого тисків
 - для виконання аварійних та ремонтних робіт;
 - при перетині водних перешкод двома або більше нитками газопроводів, а також одною ниткою при ширині водойми у межений період 75 м і більше:
 - на закільцьованих газопроводах – на обох берегах;
 - на тупикових одностикових трубопроводах – на одному березі до переходу (за напрямком руху газу);
 - при перетині залізничних шляхів загальної мережі й автомобільних доріг I і II категорій:
 - на закільцьованих газопроводах – по обидва боки переходу на відстані не більше 1000 м від переходу;
 - на тупикових газопроводах – не більше 1000 м до переходу (за напрямком руху газу);
 - перед територіями виробничих об'єктів.

Вимикаючі пристрої можна не встановлювати [18, п. 7.68]:

- після ПРГ, розташованих на території підприємств при односторонньому живленні газом;
- на перетині залізничних колій загальної мережі та автомобільних доріг I II категорій, якщо вимикаючі пристрої, встановлені на відстанях від колій (доріг) не більше 1000 м.

Вимикаючі пристрої на зовнішніх газопроводах слід розміщувати у колодязях (рис. 4.6), наземних негорючих шафах (рис. 4.4, з), на стінах будинків (рис. 4.12, а) або відкрито в огорожах (рис. 1.42, в, 4.12, б). Можливе безколодязне підземне встановлення вимикаючих пристроїв з виведенням хвостовика штока під ковер (рис. 4.6, а, 4.13).

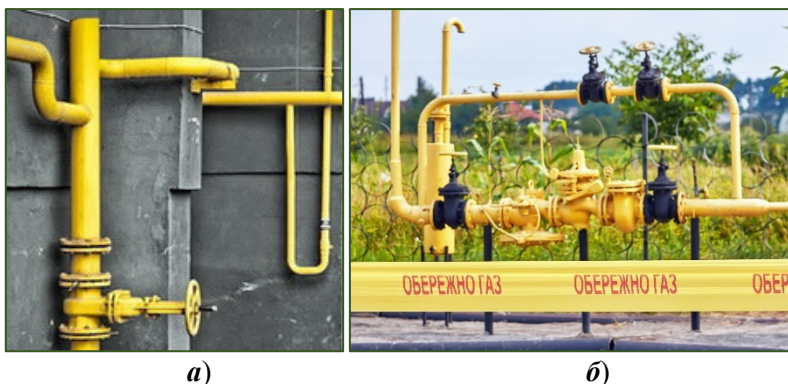


Рис. 4.12. Розміщення вимикаючих пристроїв:
а) на стінах будинків; б) на відкритих майданчиках



Рис. 4.13. Вихід
хвостовика штока під
кришку ковера

Контрольні питання

1. *За якою схемою подаються природні гази у населені пункти?*
2. *Наведіть та охарактеризуйте принципову схему газопостачання міста*
3. *Як здійснюють зв'язок між газопроводами різних рівнів тиску?*
4. *Що собою представляють системи газопостачання населених пунктів?*
5. *Як поділяють газопроводи за робочим тиском?*
6. *Які об'єкти входять до складу систем газопостачання населених пунктів?*
7. *Як прокладають газові мережі у населених пунктах?*
8. *Що собою представляють пункти регулювання газу (ПРГ)?*
9. *Які види ПРГ застосовують у міських газопроводах?*
10. *Яке обладнання входить до складу ПРГ?*
11. *Яке обладнання встановлюють на газових мережах?*
12. *Що таке ковери і де їх застосовують?*
13. *Що таке гідрозатвори і для чого їх застосовують?*
14. *Назвіть умови застосування конденсатозбірників.*
15. *Де і для чого влаштовують контрольно-вимірювальні пункти?*
16. *Якими є нормативні величини тиску газу у внутрішніх будинкових газопроводах?*
17. *Якими бувають вузли обліку газу?*
18. *Що таке вимикаючі пристрої і де їх встановлюють?*
19. *У яких випадках вимикаючі пристрої можна не встановлювати?*

Розділ 5. Теплопостачання

Теплопостачання, як сфера виробничої і господарської діяльності, передбачає забезпечення теплом житлових будинків, комунально-побутових і громадських будівель, а також виробничих підприємств з метою створення комфортних умов перебування у них і задоволення побутових та інших потреб у тепловій енергії. Теплопостачання виконує дві важливі задачі – опалення помешкань і подача гарячої води на побутові та виробничі потреби.

5.1. Сучасні системи опалення і гарячого водопостачання у населених пунктах

Система теплопостачання – це сукупність джерел теплової енергії (ТЕЦ та/або районних котельнь), магістральних та/або місцевих (розподільних) теплових мереж, засобів розподілення теплової енергії, які об'єднані спільним режимом виробництва, транспортування та постачання теплової енергії.

Системи теплопостачання населених пунктів забезпечують тепловою енергією на опалення і гаряче водопостачання різні групи споживачів, які за надійністю теплопостачання поділяють на три категорії [20, п. 4.1]:

- **перша** – споживачі, яким не допускається перерва у подачі теплової енергії та зниження температури повітря у приміщеннях нижче допустимого мінімуму (операційні, реанімаційні приміщення лікарень, пологові будинки, дитячі дошкільні заклади з цілодобовим перебуванням дітей, картинні галереї, хімічні та спеціальні виробництва тощо);
- **друга** – споживачів, яким допускається зниження температури повітря в опалюваних приміщеннях на період ліквідації технологічного пошкодження обладнання, але не більше 50 год:
 - житлових до $+12^{\circ}\text{C}$;
 - громадських і адміністративно-побутових до $+10^{\circ}\text{C}$;
 - промислових до $+8^{\circ}\text{C}$;
- **третья** – решта споживачів.

Системи теплопостачання класифікують за такими ознаками [20, п. 4.2]:

- **за потужністю джерел теплової енергії** (табл. 5.1):
 - автономні; децентралізовані; помірно-централізовані; централізовані;
- **за видом теплоносія:**
 - парові; водяні; змішані;
- **за кількістю паралельно прокладених трубопроводів:**
 - одно-, дво-, три-, чотири-, багатотрубні;
- **за способом використання води у системах гарячого водопостачання та для технологічних потреб:**
 - закриті; відкриті.

Таблиця 5.1

Показники систем теплопостачання

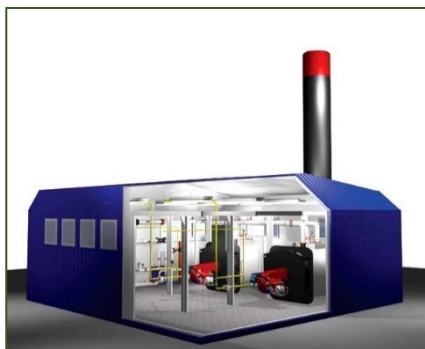
№ з/п	Тип системи теплопостачання	Джерела теплової енергії		Мережі		
		Тип	Потужність, МВт	Теплові		Гарячого водопостачання
				магістральні	розподільчі	
1	Автономна	Теплогенератори	< 1	-	+	+
2	Децентралізована	Місцеві або групові котельні	1..3	-	+	+
3	Помірно-централізована	Квартальні котельні	3..20	±	±	+
4	Централізована	ТЕЦ та районні котельні	> 20	+	+	+

Примітка: У помірно-централізованих системах теплопостачання можуть влаштовувати магістральні та/або розподільчі теплові мережі.

У населених пунктах, зазвичай, влаштовують системи *водяного* теплопостачання [20, п. 7.7, 9.1], а за кількістю паралельно прокладених в одному напрямку трубопроводів – *двотрубні* для теплових мереж і *одно* чи *двотрубні* – для систем гарячого водопостачання (відповідно, *відкритих* чи *закритих*) [20, п. 4.2.3]. У *закритих* системах теплоносієм (охолоджена вода) повертається до джерела теплової енергії, де поповнюється, підігрівається, і знову подається споживачам. У *відкритих*

системах споживачі повністю використовують гарячу воду. Закритими є системи опалення, а системи гарячого водопостачання можуть бути як закритими, так і відкритими. У закритих системах гарячого водопостачання споживачам завжди подається гаряча вода заданої температури. Однак, вони є більш енергозатратними, так як незалежно від кількості спожитої води для її циркуляції у замкненій системі витрачається електроенергія на роботу циркуляційних насосів. У відкритих системах при малому водорозборі чи його відсутності вода у трубах охолоджується, що створює дискомфорт споживачам.

Система автономного теплопостачання представляє собою внутрішньобудинкову систему опалення, яку використовують для теплозабезпечення окремого багатоквартирного будинку. В автономній системі опалення теплогенератор, теплопроводи і опалювальні прилади конструктивно об'єднані в один пристрій і відповідно відбувається отримання тепла, його перенесення в системі і теплопередача в будинок. Теплогенератори монтують у захисних контейнерах (модулях), які встановлюють *на даху, у підвалі, окремо або у прибудовах до будинків* (рис. 5.1).



а)



б)

Рис. 5.1. Теплогенераторні модулі:

а) на даху (дахова котельня); б) розташований окремо

Система централізованого теплопостачання — це сукупність джерел теплової енергії, магістральних та місцевих (розподільчих) теплових мереж, що об'єднані між собою, які

використовують для теплозабезпечення споживачів населеного пункту. Вона включає системи *децентралізованого* та *помірно-централізованого* теплопостачання, які орієнтовані та теплопостачання для невеликих груп споживачів теплової енергії (окремий будинок чи кілька будинків).

Для нагріву води теплогенератори, котельні та ТЕЦ можуть використовувати: *газ; електрику; дизпаливо (солярку, мазут); тверде паливо (вугілля, дрова, щепу)*.

Будь яка система теплопостачання влаштовується за відповідною схемою, яка має вибиратися на підставі техніко-економічних розрахунків з урахуванням оптимального поєднання систем централізованого, помірно-централізованого, децентралізованого та автономного теплопостачання, а також із вжиттям заходів щодо охорони довкілля [20, п. 5.1, 7.2]. Схеми теплових мереж населеного пункту, його окремого району чи житлового масиву зображають на плані забудови із врахуванням розташування джерел теплової енергії, характеру планування і благоустрою міської території, рельєфу місцевості, гідрогеологічних умов тощо (рис. 5.2 і 5.3).

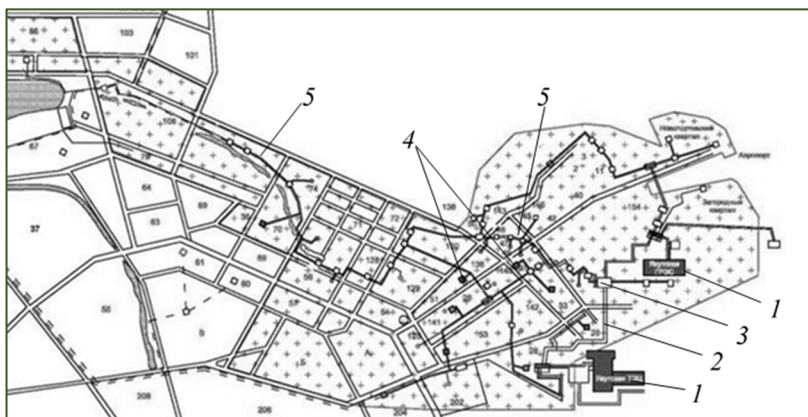


Рис. 5.2. Схема теплових мереж житлового масиву:

1 – джерела теплопостачання; 2 – лінії магістральної мережі;
3 – центральний тепловий пункт (ЦТП); 4 – індивідуальні теплові пункти (ІТП); 5 – розподільча мережа

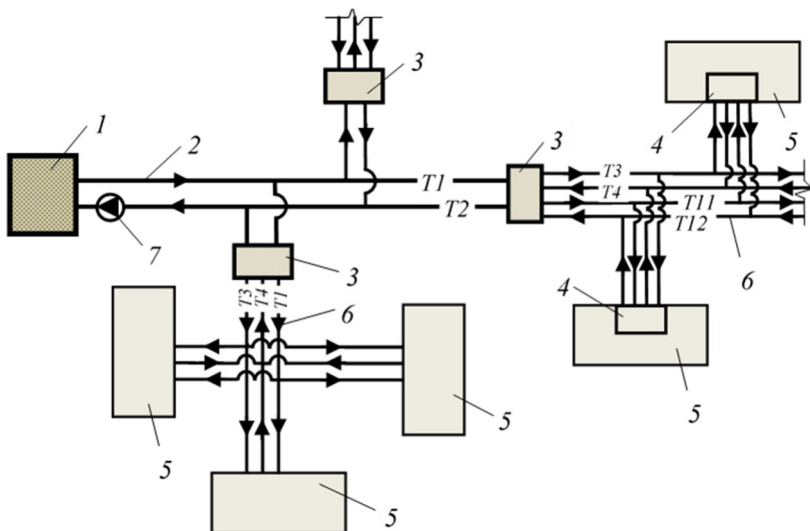


Рис. 5.3. Принципова схема тепlopостачання житлового масиву:
 1 – котельня (ТЕЦ); 2 – магістральна мережа; 3 – центральний тепловий пункт (ЦТП); 4 – індивідуальний тепловий пункт (ІТП); 5 – будинок;
 6 – розподільча мережа; 7 – циркуляційний насос

Системи тепlopостачання повинні відповідати вимогам щодо надійності функціонування, безпечної експлуатації, енергозбереження та екологічності, що досягається поєднанням таких методів [20, п. 7.1, 7.4]:

- підвищення надійності (безвідмовності) окремих елементів, що входять в систему;
- застосування технічно обґрунтованого режиму роботи системи в цілому або її окремих елементів;
- резервування (введення у систему додаткових елементів для заміни (повністю чи частково) тих, що вийшли з ладу).

Резервування систем тепlopостачання досягається одним або комплексним використанням таких способів [20, п. 7.5.3]:

- застосування раціональних схем і режимів, що забезпечують заданий рівень готовності технологічного обладнання джерел теплової енергії;
- використання місцевих резервних джерел тепlopостачання (стаціонарних або пересувних);

- встановлення резервного обладнання;
- спільна робота кількох джерел теплопостачання на єдину систему транспортування теплоносіїв;
- взаємне резервування теплових мереж суміжних районів;
- влаштування резервних насосних та трубопровідних сполучень;
- встановлення баків-акумуляторів.

Сучасні системи теплопостачання повинні забезпечувати живучість тих її елементів, які при відмовах системи будуть знаходитись у зоні руйнівного впливу мінусових температур. Заходи щодо живучості передбачають [20, п. 7.6.2]:

- забезпечення циркуляції мережної води у тепловій мережі до і після ЦТП;
- випуск мережної води із внутрішньобудинкових мереж споживачів, розподільних теплових мереж, транзитних та магістральних теплопроводів;
- прогрівання та заповнення теплових мереж і будинкових мереж споживачів під час та після закінчення ремонтно-відновлювальних робіт;
- захист безканалних теплопроводів від додаткового навантаження за можливих підтоплень;
- тимчасове використання пересувних джерел теплової енергії, за можливості.

5.2. Подача і розподіл теплоносія

У системах централізованого теплопостачання, які є основним постачальником теплової енергії у населених пунктах, теплоносієм є гаряча вода з температурою $t_g = 80\text{--}115^\circ\text{C}$, яка тепловими мережами через теплові пункти (ЦТП і/або ІТП) поступає у внутрішньобудинкові системи споживачів.

Теплові мережі забезпечують передачу теплоносія від джерел теплової енергії до споживачів і є важливою частиною систем теплопостачання (табл. 5.1). Їх поділяють на [20, п. 4.3]:

- **магістральні теплові мережі** – комплекс трубопроводів і споруд, що забезпечують транспортування теплоносія від джерела теплової енергії до теплових пунктів та (або) розподільної теплової мережі;

- **розподільні теплові мережі** – трубопроводи, що транспортують теплоносії від ЦТП або магістральної теплової мережі або джерела теплової енергії до *теплого вводу споживача*;
- **мережі гарячого водопостачання** – трубопроводи, доставляють гарячу воду від теплового пункту або від джерела теплової енергії до *вводу гарячої води споживача*.

Додатково слід виділити **води до окремих будівель**, які доставляють теплоносії від розподільних теплових мереж (в окремих випадках – від магістральних) або від ЦТП до абонентського вводу або до ІТП.

За способами прокладання теплові мережі можуть бути:

- підземними (рис. 5.4):
 - у непрохідних каналах;
 - у прохідних каналах;
 - безканалними.
- надземними:
 - на високих опорах (рис. 5.5);
 - на низьких опорах (рис. 5.6);

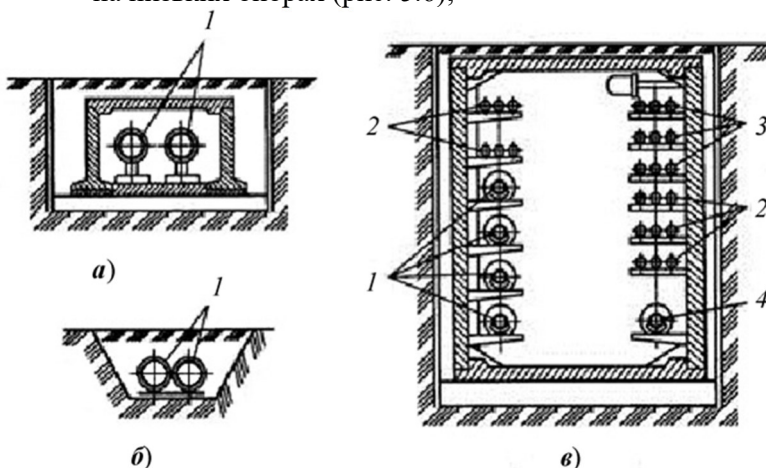


Рис. 5.4. Способи підземного прокладання теплових мереж:

а) у непрохідному каналі; *б)* безканалний; *в)* у прохідному каналі
 1 – трубопроводи тепломережі; 2 – кабелі зв'язку; 3 – силові кабелі;
 4 – водопровід



Рис. 5.5. Надземне прокладання мереж на високих опорах

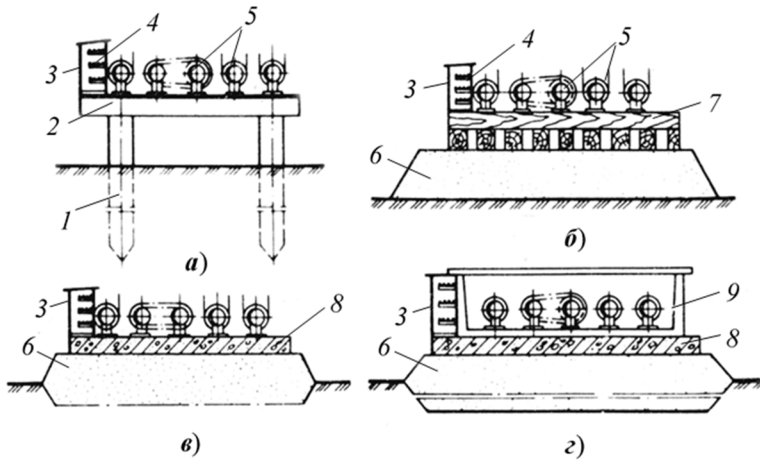


Рис. 5.6. Надземне прокладання інженерних мереж:

а) на низьких опорах; б) на лежньових і городкових опорах;

в) на залізобетонних плитах; з) у каналах

1 – палі; 2 – ригель; 3 – захисний короб; 4 – кабелі; 5 – труби;
6 – ґрунтовий насип; 7 – лежень; 8 – залізобетонна плита;
9 – залізобетонний канал

У населених пунктах основним способом є підземне прокладання теплових мереж. Тип підземного прокладання труб залежить від умов підземного простору, наявних супутніх інженерних комунікацій, кошторисної вартості робіт, черговості будівництва. Більшість мереж прокладають у непрохідних каналах (рис. 5.4, а), в яких розміщують тільки теплові мережі. У прохідних каналах (рис. 5.4, в) теплові мережі прокладають разом з іншими комунікаціями (водопроводом, силовими електрокабелями, лініями зв'язку тощо). При безканальному прокладанні трубопроводи укладають безпосередньо в ґрунт, забезпечуючи їх належну тепло- і гідроізоляцію (рис. 5.4, б).

Надземне прокладання теплових мереж (рис. 5.5 і 5.6) можливе на підприємствах та території, що не підлягає забудові за межами населених пунктів (на високих та низьких опорах, підвісках, кронштейнах, лежнях, плитах тощо).

Теплові мережі влаштовують із труб, які за *матеріалом* можуть бути [20, п. 12.2–12.4]:

- сталеві;
- із ковкого чавуну;
- пластикові:
 - із структурованого поліетилену РЕ-Х;
 - із поліпропілену ПП-80 типу 3;
 - із хлорованого полівінілхлориду ХПВХ.

Для магістральних мереж необхідно застосовувати труби сталеві безшовні або електрозварні, переважно *попередньо теплоізовані*. Для розподільних мереж, як правило, застосовують *попередньо теплоізовані труби*, стійкі до корозії:

- за температури теплоносія (води) $t_s \leq 115^\circ \text{C}$ та проектного тиску $P \leq 1,6 \text{ МПа}$ – труби з *реактопластів* (вуглепластиків та високотемпературних склопластиків на основі епоксидних смол), сталеві та труби з ковкого чавуну;
- за $t_s \leq 90^\circ \text{C}$ та $P \leq 1,6 \text{ МПа}$ – труби із *структурованого поліетилену РЕ-Х*;
- за $t_s \leq 80^\circ \text{C}$ та $P \leq 1,6 \text{ МПа}$ – труби із *структурованого поліетилену РЕ-Х, поліпропілену ПП-80 типу 3 або хлорованого полівінілхлориду ХПВХ*.

Для мереж гарячого водопостачання слід використовувати попередньо теплоізовані труби з полімерних матеріалів: труби із структурованого поліетилену PE-X, поліпропілену ПП-80 типу 3 та хлорованого полівінілхлориду ХПВХ.

За конфігурація у плані теплові мережі можуть бути:

- тупикові (променеві) – найбільш прості, дешеві й зручні в експлуатації ;
- замкнені (кільцеві) – більш надійні але значно дорожчі як конструктивно, так і в експлуатації.

Найчастіше влаштовують променеві теплові мережі із одним джерелом теплової енергії (рис. 5.3). Кільцеві мережі застосовують тільки у випадках, коли припинення подачі теплоносія навіть на короткий час недопустиме з технологічних міркувань.

З'єднання розподільних мереж із магістральними лініями необхідно здійснювати через **теплові пункти** або **камери секціонування** [20, п. 7.3].

Теплові пункти можуть бути [20, п. 4.4]:

- **центральними** (ЦТП) – обслуговують групи споживачів (будинків, промислових об'єктів);
- **індивідуальними** (ІТП) – обслуговують окремих споживачів (один будинок або його частину).

Теплові пункти забезпечують підтримання на заданому рівні температури теплоносія, що подається у розподільчі мережі (через ЦТП) чи мережі споживачів (через ІТП). Температура води у розподільних мережах від ЦТП до теплового вводу у житлові будинки не повинна перевищувати 80° С [20, п. 9.5]. Для регулювання застосовують гідроелеваторні (ежекторні) вузли (рис. 5.7), які забезпечують розбавлення гарячої води, що поступає від джерела теплової енергії, охолодженою зворотною водою. Конструкція ежектора передбачає створення умов для підсмоктування охолодженої води за рахунок кінетичної енергії гарячої води. Контроль за роботою гідроелеваторних вузлів здійснюють за допомогою манометрів та термометрів. Сучасні гідроелеваторні вузли забезпечують автоматичне регулювання температури води та є набагато ефективнішими у роботі, незважаючи на більшу складність та вартість (рис. 5.8).

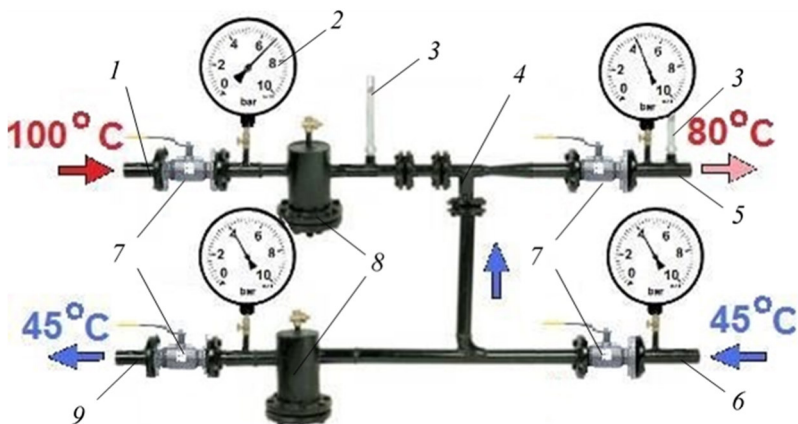


Рис. 5.7. Гідроелеваторний тепловий вузол:

1 – трубопровід подачі води від джерела теплової енергії; 2 – манометри; 3 – термометри; 4 – гідроелеватор; 5 – подача води до споживача; 6 – поступлення води від споживача; 7 – запірно-регулювальна арматура; 8 – грязьовики; 9 – зворотній трубопровід (відведення води до джерела теплової енергії)

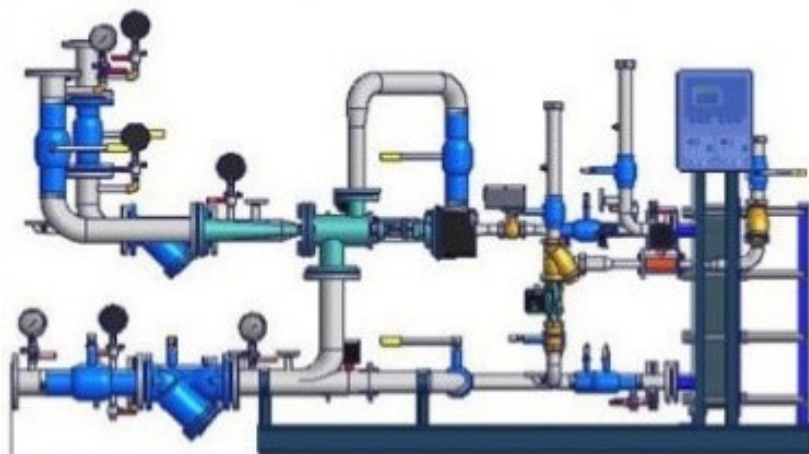


Рис. 5.8. Гідроелеваторний тепловий вузол з автоматичним регулюванням температури і витрат теплоносія

Секціонування теплових мереж передбачає поділ магістральних ліній і відгалужень від них на секції [20, п. 7.3; 12.16, б і 12.18] за допомогою запірної трубопровідної арматури та перемичок між трубопроводами подачі та відведення теплоносія (рис. 5.9). Запірну та допоміжну арматуру (засувки, контрольні вентиля та крани) встановлюють у *камерах секціонування*, які на трубопроводах водяної теплової мережі з $d_y \geq 100$ мм розміщують одна від одної не більше ніж 1 000 м. При забезпеченні спуску води і заповнення секціонованої ділянки трубопроводу за час $T_c \leq 4$ год допускається збільшення цієї відстані до 1 500 м для труб $d_y = 400-500$ мм, до 3 000 м – для $d_y \geq 600$ мм при $T_c \leq 5$ год, при надземному прокладанні труб $d_y \geq 900$ мм – до 5 000 м. На перемичках встановлюють запірну арматуру і контрольні вентиля $d_y = 25$ мм для випуску повітря.

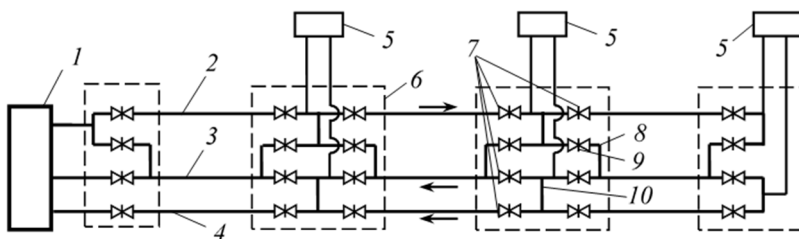


Рис. 5.9. Схема секціонування трьохтрубної магістральної теплової мережі:

1 – джерело теплоносія; 2 – трубопровід подачі; 3, 4 – зворотні трубопроводи; 5 – теплові пункти (ЦТП чи ІТП); 6 – теплові камери; 7 – секційні засувки; 8 – перемички між трубопроводами подачі і зворотнім; 9 – засувки на перемичках 8; 10 – перемички між зворотніми трубопроводами

Для забезпечення ефективної та безперебійної роботи на теплових мережах встановлюють:

- **грязьовики** – збірники осаду;
- **компенсатори** теплових деформацій трубопроводів;
- **теплоізоляцію** труб та арматури.

Грязьовики (рис. 5.10) у водяних теплових мережах встановлюють на подавальних трубопроводах у теплових пунктах, безпосередньо після першої запірної арматури, та на

зворотніх трубопроводах перед регулювальними пристроями, насосами, водомірами та діафрагмами [20, п. 12.19].

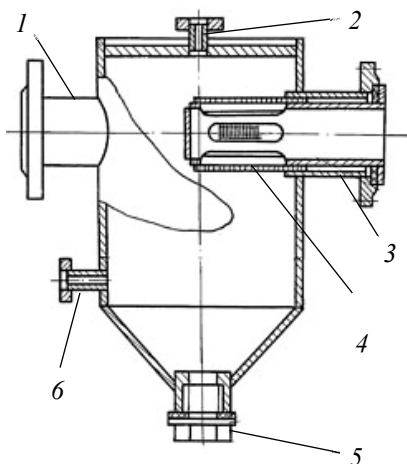


Рис. 5.10. Грязьовик теплової мережі:

1 і 3 – вхідний і вихідний патрубки з фланцями для з'єднання з трубами мережі; 2 – штуцер крана для випуску повітря; 4 – фільтр сітчастий; 5 – штуцер із заглушкою для видалення осаду; 6 – штуцер крана для випуску води

Компенсатори знімають внутрішні напруження у трубах, які виникають за рахунок перепадів температур. Для компенсації температурних деформацій трубопроводів застосовують такі пристрої [20, п. 12.27] (рис. 5.11):

- *гнуцькі компенсатори* із сталевих труб з поворотами різної форми;
- *сильфонні і лінзові компенсатори*;
- *сальникові сталеві компенсатори*;

Гнуцькі компенсатори (рис. 5.11, а) не потребують додаткових пристроїв крім приварних колін. Компенсація температурних деформацій відбувається переміщенням труб у місцях згинів. Їх влаштовують безпосередньо при будівництві трубопроводів.

Сильфонні і лінзові компенсатори (рис. 5.11, б) сприймають лінійні переміщення труб за рахунок деформації їхньої ребристої поверхні. Це пристрої заводського виготовлення, які встановлюють у колодязях.

Сальникові сталеві компенсатори (рис. 5.11, в) сприймають деформативні переміщення за рахунок телескопічної форми. Їх застосовують при параметрах теплоносія

$P \leq 2,5$ МПа і $t \leq 300^\circ \text{C}$ для трубопроводів $d_y \geq 100$ мм при підземному прокладанні та надземному на низьких опорах.

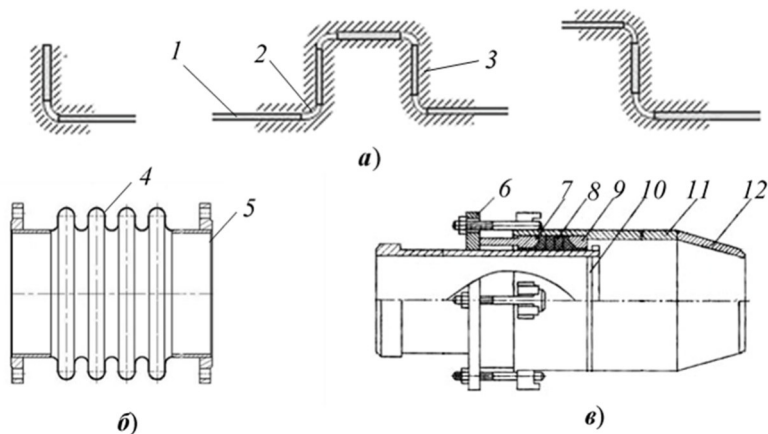


Рис. 5.11. Компенсатори теплових мереж:

а) гнучкі (кутові, П-подібні, Z-подібні); **б)** сильфоний;

в) сальниковий;

1 – трубопровід; 2 – приварні чи гнуті коліна; 3 – зони деформацій;
4 – сильфон; 5 – патрубок з фланцем; 6 – рухомий фланець;
7 – гранбуksа; 8 – сальникова набивка; 9 – контрбуksа; 10 – рухомий патрубок; 11 – корпус; 12 – перехідник

Для часткової компенсації температурних деформацій при безканальному прокладанні трубопроводів можуть бути використані **стартові компенсатори**, у яких внутрішнє напруження труб компенсується їхнім попереднім напруженням.

При температурних деформаціях труб відбуваються їхні лінійні переміщення. Для забезпечення таких переміщень застосовують **рухомі опори** [20, п. 12.38] (рис. 5.12):

- **ковзні** – для всіх способів прокладання і діаметрів незалежно від напрямку горизонтальних переміщень труб;
- **коткові** – при осьовому переміщенні труб $d_y > 200$ мм, прокладених у тунелях, на кронштейнах, або на окремо розташованих опорах чи естакадах;
- **кульові** – при горизонтальних переміщеннях труб $d_y > 200$ мм під кутом до осі траси, прокладених у тунелях,

на кронштейнах, або на окремо розташованих опорах чи естакадах;

- *пружинні підвіски* – у місцях вертикального переміщення труб $d_y > 150$ мм;
- *жорсткі підвіски* – при надземному прокладанні трубопроводів з гнучкими компенсаторами і на ділянках самокомпенсації.

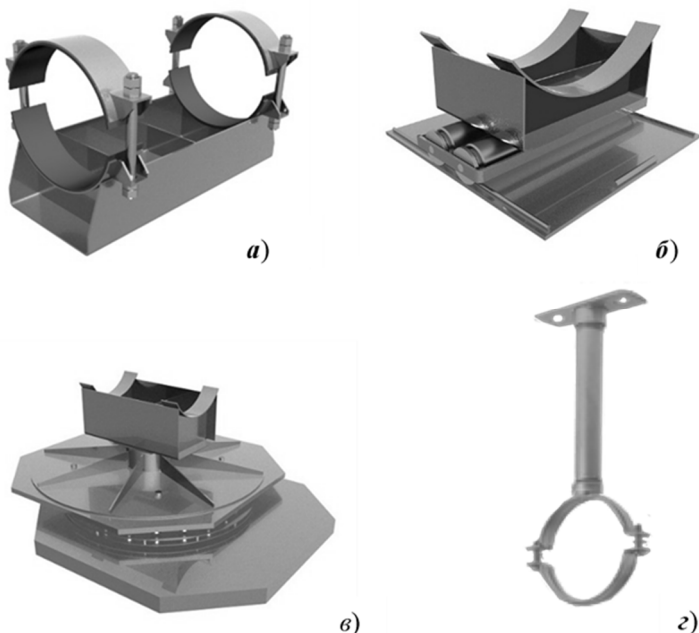


Рис. 5.12. Рухомі опори теплових мереж:
а) ковзна; *б)* коткова; *в)* кульова; *з)* підвіска

Теплова ізоляція запобігає втратам тепла при транспортуванні теплоносіїв від їхніх джерел до споживачів. Її слід передбачати на трубопроводах теплових мереж, запірно-регулювальній арматурі, з'єднаннях трубопроводів, компенсаторах та опорах труб незалежно від температури теплоносія та місця прокладання. Основними *теплоізоляційними матеріалами* є (табл. 5.2; рис. 5.13):

- **мінеральна вата** – витримує температуру до $+700^{\circ}\text{C}$, не горить, інертна до масла, лугів і кислот, дешева і доступна; із неї виготовляють мати товщиною 40–120 мм, а із додаванням в'язучих – теплоізоляційні плити, циліндри і напівциліндри та мінераловатний дріт;
- **азбестові матеріали** є основним компонентом для виготовлення теплоізоляційних азбестоцементних і азбестомагнетитних *формованих виробів, азбестової засипки, виробів з волокнистим азбестом*, який у них є армувальним матеріалом;
- **спінені мінеральні матеріали** (пінобетон, піносілікат, піноскло, піногіпс) застосовують для виготовлення жорстких теплоізоляційних виробів (*плит, шкарлуп тощо*) і теплоізоляції навколотрубного простору на будівництві;
- **спінені органічні матеріали** (пінополістирол, пінополіуретан, поліетилен спінений, піноізол) широко застосовують для заводського виготовлення жорстких теплоізоляційних виробів (плит, шкарлуп тощо), а також попередньо теплоізольованих труб.

Таблиця 5.2

Параметри теплоізоляційних матеріалів

№ з/п	Матеріал, марка	Питома маса, кг/м ³	Тепло-провідність, Вт/(м ^о С)	Температура застосування ° С	Група горіння
1	БТВ	30–125	0,038–0,046	-190..+700	незаймисті
2	БСТВ	30–125	0,035–0,046	-190..+1000	незаймисті
3	Мінеральна вата	75–150	0,042–0,072	до +300	незаймисті
4	Пінопласт, ФР-1	65–85	0,042–0,065	-180..+130	важкозайм.
5	Пінополістирол	15–50	0,031–0,045	-180..+70	займисті
6	Пінополіуретан	40–60	0,025–0,038	-180..+140	ср.займисті
7	Скловата	25–125	0,038–0,046	-60..+450	незаймисті
8	Шлаковата	200–250	0,46–0,76	до +250	незаймисті
9	Поліетилен	900–970	0,30–0,45	до +100	займисті
10	Поліпропілен	900–910	0,16–0,23	до +95	займисті

Примітка: БТВ – базальтоне тонке волокно; БСТВ – базальтоне супертонке волокно.

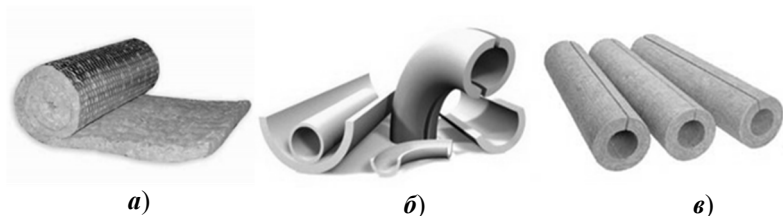


Рис. 5.13. Теплоізоляційні вироби:
а) рулон мінеральної вати; **б)** теплоізоляційні шкарлупи;
в) теплоізоляційні циліндри

Теплоізоляція труб залежно від теплоізоляційного матеріалу може мати різні конструкції (рис. 5.14). Для будівництва та реконструкції магістральних і розподільних теплових мереж необхідно застосовувати переважно попередньо теплоізольовані труби, фасонні вироби та арматуру. Термостійкість ізоляційного матеріалу повинна відповідати розрахунковій температурі теплоносія і забезпечувати термін експлуатації трубопроводів не менше 25 років [20, п. 12.2].

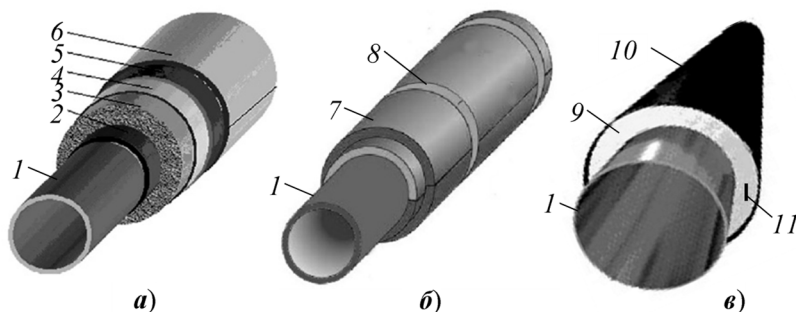


Рис. 5.14. Теплоізоляційні конструкції труб:
а) мінеральними матами; **б)** теплоізоляційними шкарлупами або циліндрами; **в)** спіненим поліуретаном;

1 – трубопровід; 2 – масляно-фарбова ґрунтовка; 3 – мати теплоізоляційні; 4 – пароізоляція; 5 – руберойд; 6 – оцинкований сталевий лист; 7 – теплоізоляційна шкарлупа або циліндр; 8 – хомут; 9 – поліуретанова ізоляція; 10 – захисна поліетиленова оболонка; 11 – сигнальний кабель

5.3. Режими і графіки тисків у централізованих системах теплопостачання

Основними розрахунковими гідравлічними режимами для водяних теплових мереж є [20, п. 10.2]:

- *розрахунковий* – при розрахунковій (максимальній) витраті води у мережі;
- *опалювальний* – при максимальному розборі води на гаряче водопостачання із зворотного трубопроводу;
- *перехідний* – при максимальному розборі води на гаряче водопостачання з подавального трубопроводу;
- *неопалювальний* – при максимальному навантаженні гарячого водопостачання у неопалювальний період;
- *статичний* – при відсутності циркуляції теплоносія у тепловій мережі;
- *аварійний* – при відмові окремих ділянок мережі.

Статичний тиск у мережі теплопостачання повинен бути достатнім для заповнення водою магістральних і розподільчих ліній та приєднаних до них внутрішньобудинкових систем. Статичний тиск повинен перевищувати допустимих значень тисків для джерела теплової енергії, трубопроводів, теплових пунктів і внутрішньобудинкових систем теплопостачання. Якщо статичний тиск в окремих точках системи перевищує допустимі величини, то потрібно забезпечити автоматичний поділ мережі на гідравлічно ізольовані зони із підтримуванням у кожній з них допустимих значень тиску [20, п. 10.8].

Тиск у будь-якій точці зворотного трубопроводу водяних теплових мереж при роботі мережних насосів не повинен бути менше 0,05 МПа, але не вище допустимого. Для запобігання закипанню води при її максимальній температурі тиск у будь-якій точці мережі повинен бути більшим за тиск закипання води не менше ніж на 0,05 МПа. У зворотних трубопроводах водяних теплових мереж відкритих систем теплопостачання в неопалювальний період, а також у подавальному та циркуляційному трубопроводах мережі гарячого водопостачання допустимі значення тисків повинні бути більшим на 0,05 МПа за статичні у системах гарячого водопостачання.

Перепади тиску на вводах двотрубних водяних теплових мереж у будівлі необхідно приймати рівними сумі розрахункових втрат тиску на вводах у теплові пункти та у місцевих внутрішньобудинкових системах з коефіцієнтом 1,5, але не менше 0,2 Мпа. У разі виникнення надлишкових тисків, їх слід знижувати у теплових пунктах [20, п. 10.18].

Для забезпечення заданих перепадів тиску теплоносіїв мережні та підкачувальні насоси рекомендується обладнувати *приладами частотного регулювання обертів* [20, п. 9.8.7].

Графіки тисків розробляють для головної магістралі і найбільш характерних відгалужень (рис. 5.15). При кількох магістралях графіки розробляють для кожної із них, суміщаючи їх на одному листі креслень. Графіки тисків будують у масштабі (горизонтальний – М 1:10 000 чи М 1:20 000; вертикальний – М 1:1 000 чи М 1:2 000). Їх наносять на профіль землі, де вказують висоту характерних будівель, під'єднаних до мережі.

Графіки тисків для *гідродинамічних режимів* розробляють для умов сталого руху води у трубопроводах при розрахункових витратах та для найвищої розрахункової температури води. За лініями графіків тисків, що відповідають п'єзометричним лініям між вузловими точками мережі, визначають надлишкові тиски у кожній із них. При розробці графіків тисків для гідродинамічних режимів:

- визначають наявні напори у точках під'єднання відгалужень і на вводі у теплові пункти (ЦТП та ІТП);
- корегують напори мережних насосів для опалювального та неопалювального періодів з урахуванням можливості установки на теплових мережах підкачувальних насосів і регуляторів тиску;
- встановлюють необхідність установки підкачувальних насосів, місця їх розташування та визначають необхідні для них витрати і напори;
- перевіряють необхідність установки регуляторів тиску, визначають місця їх розміщення та межі регулювання;
- перевіряють напори підживлювальних насосів у джерел теплопостачання і визначають необхідність регулювання їхніх тисків.

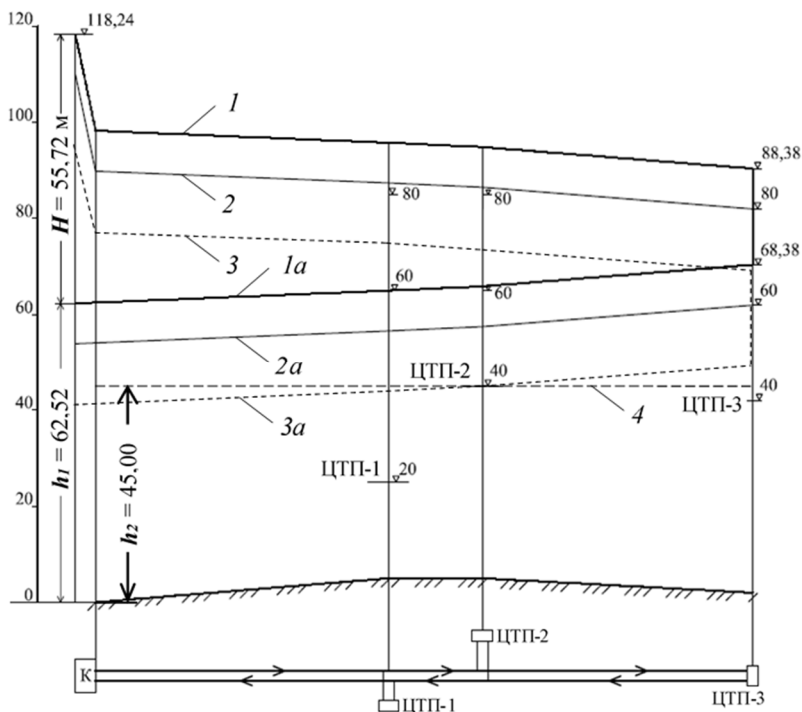


Рис. 5.15. Приклад графіка тисків (у м. вод. ст) для теплової магістральної мережі:

1, 2, 3 – варіанти п'єзометричних тисків у подавальному трубопроводі; 1а, 2а, 3а – те ж, у зворотному трубопроводі; 1, 1а – без насосів підкачки на ЦТП; 2, 2а – з насосами підкачки на ЦТП-1 і ЦТП-2; 3, 3а – те ж, на ЦТП-1, ЦТП-2 і ЦТП-3; 4 – лінія розрахункового статичного тиску; H – напір мережного насоса, м; h_1 – напір підживлювального насоса при циркуляції води, м; h_2 – те ж, при статичному тиску (для заповнення системи водою), м; 20 – статичний тиск (від поверхні землі) для 5-ти поверхових будинків, м; 40 – те ж, для будинків висотою 40 м; 60 – найменший допустимий тиск для місцевих систем опалення будівель, м; 80 – те ж, з врахуванням розрахункових втрат тиску у тепловому пункті і місцевих системах опалення будівель, м

При побудові графіків тисків на рис. 5.15 прийнято такі допущення і враховано наступні нормативні обмеження:

- за «точку відліку» (позначку – 0,00) прийнято найменше із усіх значень позначок поверхні землі, яке відповідає позначці 230,00 м у місці розташування котельні (230,00 м);
- мінімальні значення статичних тисків становлять: 20 м – для 5-ти поверхових будинків; 40 м – для 9-ти поверхових;
- мінімальний тиск на виході з ЦТП відповідає найменшому допустимому тиску для систем опалення будівель – 60 м.вд.ст;
- розрахункові втрати тиску у котельні, теплових пунктах та у місцевих системах опалення будівель – 20 м;
- розрахунковий тиск на вході в ЦТП без насосів підкачки – $60 + 20 = 80$ м.

Для цих даних розглянуто три варіанти графіків тисків:

- **1-й** – подача теплоносія мережними насосами котельні (без насосів підкачки на ЦТП) – потребує максимального тиску у системі за умови забезпечення допустимого тиску на ЦТП-1 (60 м); на ЦТП-2 і ЦТП-3 тиск вище допустимого;
- **2-й** – подача теплоносія мережними насосами котельні за умови забезпечення допустимого тиску (60 м) у кінці магістралі (на ЦТП-3); на ЦТП-1 і ЦТП-2 тиск у зворотному трубопроводі нижче допустимого (лінія 2а); потрібна перевірка роботи всіх місцевих систем опалення будинків, під'єднаних до цих ЦТП, першочергово, 9-ти поверхових, і у разі зниження в їхніх системах опалення тисків нижче розрахункових необхідно передбачити встановлення підвищувальних насосів на ЦТП;
- **3-й** – забезпечує мінімальні тиски після ЦТП у зворотних трубопроводах, підтримуючи статичні тиски у споживачів після кожного ЦТП; для забезпечення допустимого тиску (60 м) на виході із кожного ЦТП потрібно встановити підкачувальні насоси.

Технічно можливими є всі 3-ри варіанти. Однак, найбільш доцільним є 2-й варіант, при якому встановлення насосів підкачки необхідне тільки на ЦТП-1 для подачі води на опалення 9-ти поверхових будинків.

Контрольні питання

1. *Що таке система теплопостачання?*
2. *Які категорії споживачів обслуговують системи теплопостачання населених пунктів?*
3. *Наведіть класифікацію систем теплопостачання за основними ознаками.*
4. *Які об'єкти входять до складу систем теплопостачання населених пунктів?*
5. *Які типи систем теплопостачання влаштовують у населених пунктах?*
6. *Що таке система централізованого теплопостачання?*
7. *Що зображують на схемі теплопостачання?*
8. *Наведіть і охарактеризуйте принципову схему теплопостачання житлового масиву.*
9. *Наведіть основні вимоги до систем теплопостачання і поясніть як вони досягаються.*
10. *Що передбачають заходи живучості систем теплопостачання?*
11. *Поясніть як здійснюють подачу і розподіл теплоносія у системах централізованого теплопостачання.*
12. *Наведіть характеристики теплових мереж за основними ознаками.*
13. *Що таке теплові пункти і якими вони можуть бути?*
14. *Як влаштований гідрорелеваторний тепловий вузол?*
15. *Що таке секціонування теплових мереж і як його проводять?*
16. *Яке обладнання встановлюють теплових мережах?*
17. *Охарактеризуйте основні теплоізоляційні матеріали.*
18. *Як влаштована теплоізоляція трубопроводів?*
19. *Назвіть основні розрахункові гідравлічні режими для водяних теплових мереж.*
20. *Що таке графіки тисків теплових мереж?*
21. *Яким вимогам повинні відповідати графіки тисків теплових мереж?*

Розділ 6. Електропостачання

Електропостачання (постачання електричної енергії) слід розглядати як комплекс технічних та організаційних заходів для забезпечення споживачів електричною енергією на побутові й технологічні потреби. У цей комплекс входить вироблення електричної енергії на електростанціях, передача її на значні відстані, розподіл та реалізація споживачам з необхідними для них параметрами, якістю та надійністю.

6.1. Споживачі електричної енергії в населених пунктах (електроприймачі), їх категорії

Згідно нормативу [28, п. 1.2.17] відносно забезпечення надійності електропостачання всі **електроприймачі** (*споживачі електричної енергії*) поділяють на три категорії:

- *I категорії* – електроприймачі, перерва електропостачання яких може викликати: небезпеку для життя людей, значні матеріальні збитки (пошкодження дорогого устаткування, масовий брак продукції), розлад складного технологічного процесу, порушення функціонування особливо важливих об'єктів комунального господарства;
- *II категорії* – електроприймачі, перерва електропостачання яких приводить до значного зниження випуску продукції, масовим простоям працівників, механізмів чи промислового транспорту, порушенню нормальної діяльності значної кількості міських і сільських жителів.
- *III категорії* – всі інші електроприймачі, що не підходять під визначення I і II категорій.

У містах України до споживачів електричної енергії I-ї категорії відносять [19, п. 2.2; табл. 2.1]:

- електроприймачі *систем протипожежного захисту, сигналізації загазованості, ліфтів, аварійного освітлення, світлової огорожі, охоронної сигналізації* тощо у будинках:
 - житлових, громадських, гуртожитках заввишки 16–25 поверхів (47–73.5 м умовної висоти);
 - лікувально-профілактичних закладів (в т.ч. санаторно-курортних);

- установ, організацій, офісів з чисельністю працівників понад 2000 осіб незалежно від кількості поверхів;
- навчальних закладів, в яких навчається понад 1000 осіб;
- готелів (мотелів), пансіонатів, турбаз з кількістю місць понад 1000 або у будинках висотою понад 16 поверхів незалежно від кількості місць;
- культурно-видовищних, дозвіллевих і культових закладів, критих спортивних споруд;
- банків і банківських сховищ;
- бібліотек й архівів з фондом понад 1 млн одиниць;
- музеїв і виставок обласного значення;
- універсамів, торговельних центрів і магазинів з торговими залами загальною площею понад 2000 м²;
- підприємств громадського харчування на понад 500 посадкових місць;
- котельнь, прибудованих до житлових будинків, вбудованих у громадські будівлі та споруди, дахових;
- вбудованих сховищ цивільної оборони;
- вбудованих приміщень для стоянки автомобілів;
- електроприймачі операційних і пологових блоків, відділень анестезіології, реанімації й інтенсивної терапії, кабінетів лапароскопії, бронхоскопії та інших, від безперебійної роботи яких безпосередньо залежить життя хворих;
- електроприймачі культурно-видовищних, дозвільних і культових закладів, критих спортивних споруд при сумарній кількості місць в залах понад 800 і дитячих видовищних закладах незалежно від кількості місць;
- котельні I категорії надійності відпуску тепла споживачам;
- теплові пункти житлових будинків понад 16 поверхів;
- музеї та виставки загальнонаціонального значення.

Електроприймачі I категорії повинні забезпечуватися електроенергією від двох незалежних джерел живлення, які взаємно резервуються і перерва їх електропостачання при порушенні електропостачання від одного з джерел живлення може бути тільки на час автоматичного відновлення живлення.

У складі електроприймачів I категорії виділяють *особливу групу* електроприймачів, для яких необхідна безперебійна робота з метою недопущення загрози життю людей, вибухів, пожеж, пошкодження високовартісного обладнання, втрати важливої інформації. Для цієї групи електроприймачів повинне передбачатися додаткове живлення від третього незалежного взаєморезервуючого джерела живлення, (місцеві електростанції, електростанції енергосистем, спеціальні агрегати безперебійного живлення, акумуляторні батареї тощо) [19, п. 2.4; 28, п. 1.2.18].

Електроприймачів II категорії рекомендується забезпечувати електроенергією від двох незалежних взаємно зарезервованих джерел живлення. Перерва в електропостачанні від одного з джерел живлення допускається на час включення резервного джерела силами чергового персоналу або виїзної оперативної бригади. [19, п. 2.6; 28, п. 1.2.19].

Для електроприймачів III категорії електропостачання може здійснюватися від одного джерела живлення, за умови ремонту чи заміни пошкодженого елемента і відновлення електропостачання не більше 1 доби [19, п. 2.7; 28, п. 1.2.20].

Системи електропостачання повинні забезпечувати нормальні робочі умови подачі споживачам електричної енергії, які передбачають режим функціонування електричної мережі з балансом величин згенерованої та спожитої потужностей, здійснено вмикання системи, пристроями автоматичного захисту ліквідовано короткі замикання, а також коли немає таких незвичайних обставин:

- впровадження тимчасового електропостачання;
- установки чи прилади електроспоживачів не відповідають потрібним стандартам або технічним умовам приєднання;
- виняткові ситуації, зокрема:
 - надзвичайні погодні умови або природні лиха;
 - сторонні втручання у роботу електромережі;
 - дії державних органів влади, зокрема, у надзвичайних ситуаціях;
 - форс-мажорні обставини, зокрема, страйки на підприємствах з підтримання законних вимог;
 - дефіцит потужності внаслідок зовнішнього впливу.

Якість поданої електроенергії для нормальних умов роботи повинна відповідати встановленим вимогам [26] і не виходити за межі нормальних і граничних (короткочасних) допустимих значень:

- *відхилення частоти*: $\pm 1\%$ – протягом 99,5% часу за рік і від $+ 4\%$ до $- 6\%$ – за весь період;
- *коливання напруги*: відповідно, $\pm 10\%$; від $+ 10\%$ до $- 15\%$;
- *небаланс напруги*: відповідно, $0-2\%$; $0-3\%$;
- *флікер (мерехтіння)*: ≤ 1 для 95% часу спостереження;
- *провали напруги (тимчасове зменшення напруги у точці системи електропостачання нижче ніж визначений стартовий поріг)*: в основному мають тривалість менше ніж одна секунда і остаточну напругу більше 40% від номінальної.

Інколи трапляються *провали* більшої тривалості і з меншою остаточною напругою. В окремих населених пунктах часто трапляються провали напруги на 10–15% (90–85% остаточної напруги) внаслідок перемикання *навантаж (пристроїв для пригнічення ферорезонансних коливань)* в установках користувачів мережею.

6.2. Системи електропостачання населених пунктів

Система електропостачання населеного пункту – це комплекс електроенергетичних споруд і ліній, основними ланками якого є (рис. 6.1): електростанції, підвищувальні трансформатори, лінії електропередачі (ЛЕП) високої напруги, понижуючі підстанції (центри живлення) з розподільчими пунктами середньої напруги, розподільчі лінії середньої та низької напруги, міські трансформаторні підстанції та відповідно-розподільчі пристрої споживачів електроенергії.

Величини напруг у спорудах і лініях систем електропостачання мають таку градацію [26, п. 3.7, 3.9 і 3.11]:

- *низька* – напруга, номінальне значення якої $U_n \leq 1$ кВ;
- *середня* – напруга, для якої $1 \text{ кВ} < U_n \leq 35 \text{ кВ}$;
- *висока* – напруга, для якої $35 \text{ кВ} < U_n \leq 150 \text{ кВ}$, а в окремих системах – і вище.

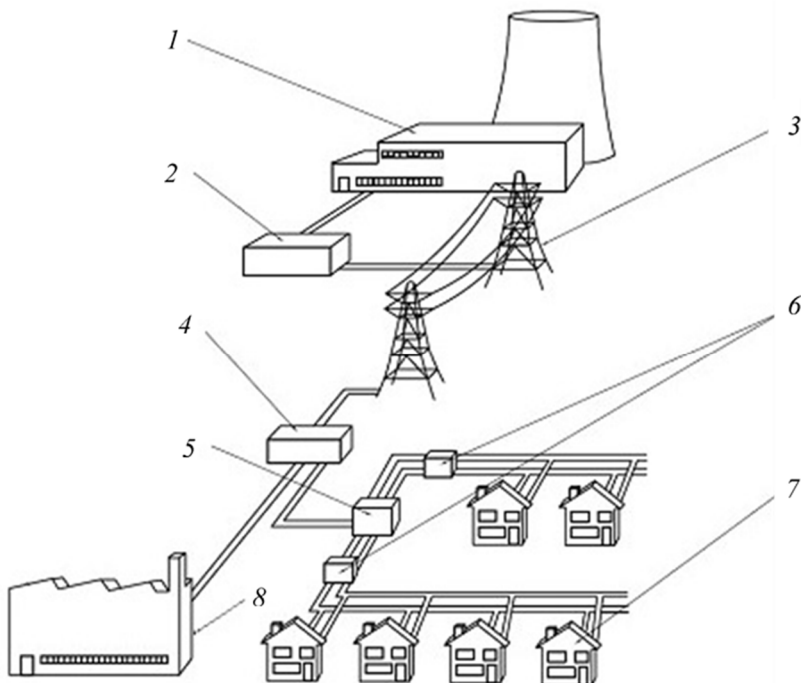


Рис. 6.1. Схема системи електропостачання міста:

1 – електростанція; 2 – підвищувальний трансформатор; 3 – лінія електропередачі (ЛЕП); 4 – понижувальний трансформатор з високої на середню напругу; 5 – те ж, середньої напруги; 6 – те ж, з середньої на низьку напругу; 7 – споживачі сільбищної зони; 8 – споживачі промислової зони

Передача електричної енергії від електростанцій до населених пунктів, зазвичай, здійснюється повітряними високовольтними лініями електропередачі (ЛЕП) на відстань десятки, а то і сотні кілометрів (рис. 6.2). Виняток становлять теплові електростанції (ТЕС) у великих містах (рис. 6.3). Від ТЕС електрична енергія передається підземними високовольтними кабелями.

На території населених пунктів електроенергію середньої напруги від понижувальних трансформаторів розподіляють підземними кабелями, а низької – і кабелями і ЛЕП.



Рис. 6.2. Високовольтні лінії електропередачі (ЛЕП)



Рис. 6.3. Теплова електростанція (на передньому плані відкритий охолоджувальний басейн)

Робота систем електропостачання населених пунктів базується на принципі – безпечна передача електроенергії споживацької напруги із мінімальними її втратами від центрів живлення до електроприймачів. Тому, з метою безпеки та надійності електропостачання передбачено каскадне зниження напруги, кільцювання і резервування елементів системи у точках її живлення та по шляхах передачі електроенергії (рис. 6.4).

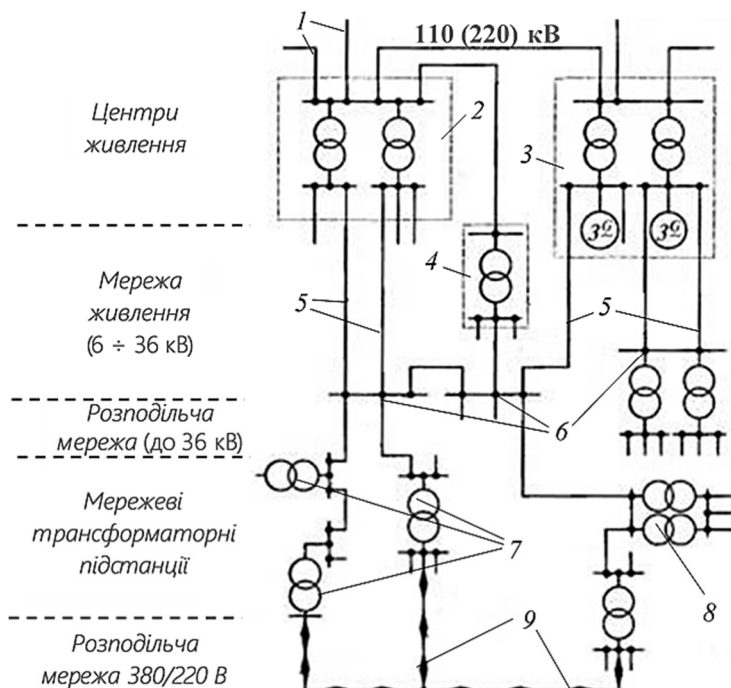


Рис. 6.4. Принципова схема електропостачання міста:

1 – високовольтні лінії електропередачі (ЛЕП); 2 – головна понижувальна підстанція; 3 – місцева ТЕС; 4 – підстанція глибокого вводу; 5 – лінії живлення середньою напругою; 6 – розподільчі пункти; 7 – мережі трансформаторні підстанції; 8 – трансформаторна підстанція промислового підприємства; 9 – лінії розподільчої мережі низької напруги

Схеми електропостачання населених пунктів дуже різноманітні і залежать від типів і кількості споживачів, розташування їх на території, характеру забудови тощо. Вони відрізняються за величинами напруг, схемами комутації, типами і конструкціями розподільних пристроїв, трансформаторів тощо. Однак, їхніми основними функціональними елементами є:

- *центри живлення* – місця під'єднань міських електричних мереж до зовнішніх і внутрішніх джерел електроенергії;
- *розподільчі пункти* – центри переключень і підключень електроліній мережі та груп споживачів;
- *трансформаторні підстанції* – вузли зниження напруги до споживацьких величин;
- *мережі живлення* – лінії подачі електроенергії від центрів живлення до розподільчих пунктів груп споживачів;
- *розподільчі мережі* – лінії подачі електроенергії від трансформаторних підстанцій до споживачів.

Центрами живлення у системах електропостачання населених пунктів є головні понижувальні підстанції, міські електростанції та підстанції глибокого вводу. *Головні понижувальні підстанції* (ГПП) (рис. 6.5) під'єднані до єдиної енергетичної системи і отримують електроенергію від віддалених електростанцій через районні опорні підстанції і ЛЕП. ГПП живильну високу напругу 36–220 кВ трансформують у розподільчу середню 6–35 кВ. *Міські електростанції*, в основному, *теплові електростанції* (ТЕС) влаштовують у великих містах для перекриття пікових навантажень у системі електропостачання. *Підстанції глибокого вводу* (ПГВ) призначені для наближення ЦЖ до центрів електричних навантажень. Це дозволяє зменшити протяжність розподільчих мереж і знизити в них втрати електроенергії. За необхідності застосовують схеми глибоких вводів напругою 35 кВ і вище.

Кількість і типи центрів живлення залежать від розмірів населених пунктів або їх агломерацій, їхнього сумарного електричного навантаження, прийнятого способу теплопостачання тощо. Центри живлення влаштовують поза межами сельбищних зон.



Рис. 6.5. Загальний вигляд головної понижувальної підстанції

Розподільчі пункти (РП) представляють собою комплекс пристроїв для прийому і розподілу електроенергії без її трансформації. До їх складу входять комутаційні апарати, пристрої захисту й автоматики, збірні та сполучні шини і допоміжне обладнання. Розподільчі пункти часто влаштовують поруч із трансформаторними підстанціями. Вони можуть бути відкритими (рис. 6.71) і закритими (у приміщеннях).

Трансформаторні підстанції (ТП) виконують функції приймання, трансформації та розподілу електроенергії (рис. 6.6) у розподільчих мережах. Їх розташовують у центрах електричних навантажень, безпосередньо біля споживачів. Вони, як правило, трансформують середню напругу 10(6) кВ у низьку 0,4 кВ.



а)

б)

Рис. 6.6. Трансформаторні підстанції:

а) відкритого; б) закритого типів

Мережі живлення – лінії електропередачі, що передають електричну енергію від центрів живлення до розподільних пунктів великих груп споживачів. Зазвичай це мережі середньої напруги 6–35 кВ. В даний час, коли у великих містах потреби в електроенергії незмірно зростають, широко застосовують живильні мережі напругою не тільки 35, але й 110–220 кВ.

Розподільчі мережі розподіляють електричну енергію по території об'єкта електропостачання. Вони можуть бути первинної напруги (найчастіше – середньої) і вторинної (зазвичай, низької напруги). Мережі первинної напруги передають електричну енергію від розподільчих пунктів до трансформаторних підстанцій, а вторинної напруги – від ТП до споживачів (рис. 6.4).

Досить часто комплекс мереж живлення, розподільчих пунктів, мережевих трансформаторних підстанцій та розподільчих мереж поєднують єдиним терміном – *електричні мережі* [15, п. 11.3.9].

6.3. Режими споживання та подачі електроенергії

Добові графіки навантажень у енергетичній системі мають значні нерівномірності. Для них характерні пікові навантаження у години ранкового та вечірнього максимумів, «провали навантаження» у нічні та денні години відносно рівномірного споживання електричної енергії протягом доби (рис. 6.7).

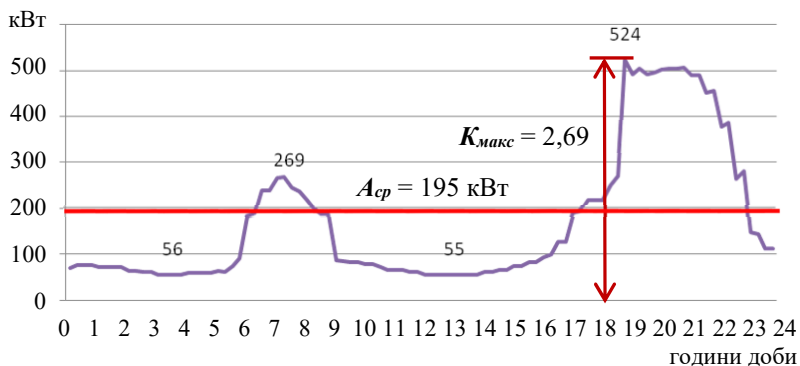


Рис. 6.7. Приклад добового графіка споживання електроенергії

При цьому максимальне навантаження у кілька разів більше середньодобового, а мінімальне – майже у стільки ж разів менше. Відношення максимального навантаження до мінімального може змінюватись до 10 разів і навіть більше. Такі коливання навантажень на електромережу залежать від видів споживачів електричної енергії, їхньої кількості та періоду року. Так, в житлових помешканнях добова нерівномірність споживання електроенергії (ранкові і вечірні пікові навантаження) безпосередньо залежать від режимів і ритмів і життя мешканців (рис. 6.7, п. 2.1.1). У громадських будівлях і комунальних закладах активне життя, а отже і використання електроенергії залежить від графіків і режимів їх роботи, піки використання якої можуть припадати на денні, вечірні або, навіть, нічні години. Виробничі підприємства, а також кількості продукції, що виготовляють за ту чи іншу зміну. Підлаштовуючись під біологічні ритми життя людей, більшість із них працює у світлу пору доби (1-а і 2-а зміни). Однак, окремі із них «прив'язані» до технологічних процесів, зокрема, там де є безперервне виробництво (наприклад, виплавка металу у доменних печах) працюють цілодобово. Підприємства, що забезпечують продуктами харчування (наприклад, випікання хліба) можуть працювати тільки у нічні години, щоб зранку доставити свою продукцію до споживачів. Таким чином, кожен із типів споживачів електроенергії, маючи свої специфічні особливості, суттєво впливає на режими споживання електроенергії, зокрема у місцях її відбору із електричних мереж.

Кількість споживачів, під'єднаних до електромереж, суттєво впливає на нерівномірність споживання електроенергії. Із збільшенням їхньої кількості споживання стає більш рівномірним. Це обумовлено тим, що відбори електроенергії її споживачами носять ймовірнісний характер. Так, один споживач (електроприймач) може або приймати (використовувати), або не приймати (не використовувати) електроенергію. Навантаження на електролінії буде змінюватись від нуля (невикористання електроенергії) до встановленої потужності електроприймача (при прийманні електроенергії). Коли до мережі під'єднано два і більше електроприймачів, то ймовірність, що одночасно всі вони

не будуть використовувати електроенергію досить мала. Так само ймовірність буде малою у випадку, що всі електроприймачі будуть одночасно приймати електроенергію. Із збільшенням кількості споживачів та їхніх електроприймачів ця ймовірність буде зменшуватись, а відбори електроенергії із електричних мереж ставатимуть більш рівномірними. На рис. 6.8 наведено графіки таких залежностей для різних видів споживачів електричної енергії та різної їхньої кількості.

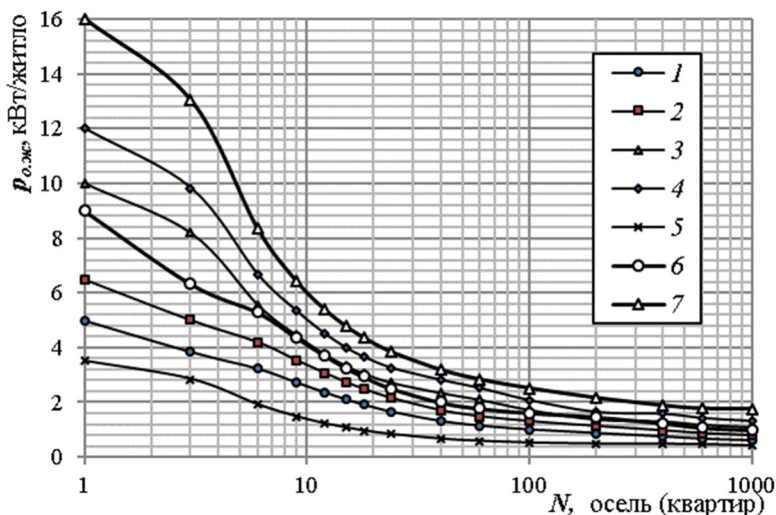


Рис. 6.8. Питомі розрахункові електричні навантаження осель:

1 – у будинках із потужністю електроприймачів до 30 кВт з плитами природному газі; 2 – те ж, з плитами на скрапленому газі та на твердому паливі; 3 – те ж, з електроплитами до 8,5 кВт; 4 – те ж, з електроплитами до 10,5 кВт; 5 – те ж, у будиночках садівничих товариств; 6 – у будинках із електроприймачами потужністю 30–60 кВт з плитами на природному газі; 7 – те ж, з електроплитами потужністю до 10,5 кВт

Такі явища характерні для систем масового обслуговування, які задовольняють потреби під'єднаних користувачів за їхніми запитами. До них відносяться такі системи інженерного забезпечення як водопостачання, водовідведення, газопостачання та електропостачання (див. п. 1.3).

Витрати електричної енергії змінюються і протягом доби, і днів тижня, і періодів року. Так, у сельбищних зонах більші

витрати припадають на вихідні і передсвяткові дні, коли більшість жителів використовують електроенергію для прибирань помешкань, прання та для інших господарських потреб. У зимовий період, зазвичай, витрати електроенергії зростають, так як це пов'язано із меншою тривалістю світлого періоду доби, опаленням приміщень тощо. Особливо зростають витрати електроенергії у помешканнях з електричним опаленням. Такі зміни мають індивідуальний характер і залежать як від зазначених вище чинників, так і від погодних умов (температура повітря), способів використання електроенергії споживачами, тарифів на електроенергію та умов її постачання споживачам, зокрема, віялових відключень, подачі за графіком тощо.

6.4. Багатоставкові тарифи на електропостачання

Для розрахунків за електричну енергію в Україні введено в дію спеціальний механізм, що дає можливість позитивно впливати на добове споживання електроенергії [7; 14]. В основу цього механізму покладено диференційовані за періодами часу тарифи. Це дозволяє зменшити пікові навантаження і «вирівняти» графік електроспоживання. У ринкових умовах господарювання цей механізм є найбільш ефективним засобом управління споживанням електричної енергії.

Для диференційованих за періодами часу тарифів встановлено тарифні коефіцієнти та періоди їх дії:

- *двоzonні*: 0,5 – для нічного (з 23.00 до 7.00 год); 1,0 для денного (з 7.00 до 23.00 год) періоду;
- *триzonні*: 0,4 – для нічного (з 23.00 до 7.00 год); 1,0 – для пікового (з 8.00 до 11.00 та з 20.00 до 22.00 год); 1,5 – для напівпікового (решта часу доби) періоду.

Наведенні значення тарифних коефіцієнтів і границі періодів можуть змінюватись залежно від регіону, які згідно нормативів [7; 14] встановлюють електропостачальні підприємства. Для обліку витраченої електроенергії у різні періоди доби повинні бути встановлені багатотарифні лічильники (рис. 6.9).



а)
б)
 Рис. 6.9. Багатотарифні електролічильники:
а) однофазний; б) трифазний

Застосування таких тарифів дозволяє сприяти роботі енергосистеми України та дієво заощаджувати кошти в оплаті за електроенергію. Для цього слід використовувати більший обсяг електричної енергії у нічні години доби та не застосовувати енергоємні електроприлади у періоди пікових навантажень. Для виробничих підприємств цьому може сприяти перенесення часу їх роботи на нічні години доби, незастосування енергоємного обладнання для опалення і в технологічних процесах у пікові періоди, зниження навантаження у період з 8 до 22 години доби підприємствами з безперервним циклом роботи тощо.

Впровадження споживачами зазначених заходів дозволить зменшити нерівномірність добового графіка навантаження в енергетичній системі України, збільшити стійкість її роботи та зменшити вартість виробництва електроенергії ТЕС.

Враховуючи, що в структурі електроспоживання України частка населення складає близько 30%, економічна зацікавленість споживачів у застосуванні енергоємних електроприладів в нічний час може стати дієвим чинником енергозбереження у масштабі цілої країни.

Контрольні питання

1. *Що таке електропостачання?*
2. *На які категорії електроприймачів поділяють споживачів електричної енергії?*
3. *Які електроприймачі відносять до споживачів електричної енергії I-ї категорії?*
4. *Які вимоги до забезпечення електроенергією електроприймачі I, II і III категорій?*
5. *Що таке особлива група електроприймачів I категорії?*
6. *Що передбачають нормальні робочі умови подачі електричної енергії споживачам?*
7. *Якими показниками вимірюють якість поданої електроенергії в нормальних умовах роботи?*
8. *Що таке система електропостачання населеного пункту?*
9. *Проведіть градацію величин напруг у спорудах і лініях систем електропостачання.*
10. *Охарактеризуйте схему системи електропостачання міста.*
11. *За яким принципом здійснюється робота систем електропостачання населених пунктів?*
12. *Від яких факторів залежать схеми електропостачання населених пунктів?*
13. *Охарактеризуйте основні функціональні елементи систем електропостачання.*
14. *Охарактеризуйте режими споживання електроенергії.*
15. *Від яких чинників залежить зміна навантажень на лінії електромереж?*
16. *Що таке багатоставкові тарифи на електропостачання?*

ЛІТЕРАТУРА

1. Про благоустрій населених пунктів : Закон України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2807-15#Text> (дата звернення: 11.10.2024).
Про житлово-комунальні послуги : Закон України. URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/2189-19#Text> (дата звернення: 11.10.2024).
2. Про основи містобудування : Закон України. URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/2780-12#Text> (дата звернення: 11.10.2024).
3. Про особливості доступу до інформації у сферах постачання електричної енергії, природного газу, теплопостачання, централізованого постачання гарячої води, централізованого питного водопостачання та водовідведення : Закон України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/887-19#Text> (дата звернення: 11.10.2024).
4. Про питну воду, питне водопостачання та водовідведення : Закон України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2918-14#Text> (дата звернення: 11.10.2024).
5. Про теплопостачання : Закон України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2633-15#Text>
6. Про ринок природного газу : Закон України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/329-19#Text> (дата звернення: 11.10.2024).
7. Про ринок електричної енергії : Закон України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2019-19#Text> (дата звернення: 11.10.2024).
8. Про Концепцію сталого розвитку населених пунктів : Постанова Верховної ради України. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/1359-14> (дата звернення: 11.10.2024).
9. Про забезпечення єдиного підходу до формування тарифів на житлово-комунальні послуги : Постанова Кабінету Міністрів України. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/869-2011-%D0%BF> (дата звернення: 11.10.2024).
10. Про схвалення Концепції Загальнодержавної цільової соціальної програми «Питна вода України» на 2022–2026 роки : Розпорядження Кабінету Міністрів України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/388-2021-%D1%80#Text> (дата звернення: 11.10.2024).

11. Про затвердження Кодексу газорозподільних систем : Постанова Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1379-15#Text> (дата звернення: 11.10.2024).
12. Про затвердження Мінімальних стандартів та вимог до якості обслуговування споживачів та постачання природного газу : Постанова Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v1156874-17#Text> (дата звернення: 11.10.2024).
13. Про затвердження Правил постачання природного газу : Постанова Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1382-15#Text> (дата звернення: 11.10.2024).
14. Про затвердження Правил роздрібного ринку електричної енергії : Постанова Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v0312874-18#Text> (дата звернення: 11.10.2024).
15. ДБН Б.2.2-12:2019. Планування і забудова територій. К. : Мінрегіон України. URL: <https://dreamdim.ua/wp-content/uploads/2019/07/DBN-B22-12-2019.pdf> (дата звернення: 09.09.2024).
16. ДБН В.1.1-25-2009. Інженерний захист територій та споруд від підтоплення та затоплення. К. : Мінрегіонбуд України. URL: <https://document.vobu.ua/wp-content/uploads/DBN/35.1.-DBN-V.1.1-25-2009.-Zahist-vid-nebezpechnih-geologich.pdf> (дата звернення: 11.10.2024).
17. ДБН В.2.3-5-2018. Вулиці та дороги населених пунктів. URL: <https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/1-1-0-199> (дата звернення: 11.10.2024).
18. ДБН В.2.5-20-2018. Газопостачання. К. : Мінрегіон України. URL: https://dreamdim.ua/wp-content/uploads/2019/04/DBN-V2520-18_Gas.pdf (дата звернення: 11.10.2024).
19. ДБН В.2.5-23-2010. Інженерне обладнання будинків і споруд. Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення. К. : Мінрегіонбуд України. URL: <https://document.vobu.ua/wp-content/uploads/DBN/92.1.-DBN-V.2.5-232010.-Inzhenerne-obladnannya-budinkiv-i.pdf> (дата звернення: 11.10.2024).

20. ДБН В.2.5-39:2008. Інженерне обладнання будинків і споруд. Зовнішні мережі та споруди. Теплові мережі. К. : Мінрегіонбуд України. URL: <https://document.vobu.ua/wp-content/uploads/DBN/96.1.-DBN-V.2.5-392008.-Inzhenerne-obladnannya-budinkiv-i.pdf> (дата звернення: 11.10.2024).
21. ДБН В.2.5-64:2012. Внутрішній водопровід та каналізація. Частина I. Проектування. Частина II. Будівництво. URL: <https://dreamdim.ua/wp-content/uploads/2019/10/DBN-V.2.5-64-2012-Vnutrishniy-vodoprovod-ta-kanali.pdf> (дата звернення: 11.10.2024).
22. ДБН В.2.5-74:2013. Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування (зі зміною № 1). URL: https://e-construction.gov.ua/files/new_doc/3019252251374912578/2023-01-19/4227a768-31fb-478e-9d14-48264b9b6930.pdf (дата звернення: 26.11.2024).
23. ДБН В.2.5-75:2013. Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. URL: <https://buduemo.com/ua/documents/building-norms/dbn-vl2157520131-kanalizacijal-zovnishni-merezhi-ta-sporudil-osnovni-polozhennja-proektuvannja.html> (дата звернення: 11.10.2024).
24. ДСанПіН 2.2.4-171-10. Державні санітарні норми та правила «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10#Text> (дата звернення: 01.03.2024).
25. ДСТУ-Н Б В.1.1-38:2016. Настанова щодо інженерного захисту територій, будівель і споруд від підтоплення та затоплення. URL: https://dspace.nau.edu.ua/bitstream/NAU/62200/1/dstu-n_b_v.1.1-38_2016.pdf (дата звернення: 11.10.2024).
26. ДСТУ EN 50160:2014. Характеристики напруги електропостачання в електричних мережах загальної призначеності. URL: https://chernihivoblenergo.com.ua/files/consumer/law_docs/%D0%94%D0%A1%D0%A2%D0%A3%20EN%2050160-2014-1.pdf (дата звернення: 08.10.2024).
27. Методичні рекомендації з розроблення схем оптимізації роботи систем централізованого водопостачання та водовідведення. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0476738-10#Text> (дата звернення: 11.10.2024).
28. Правила улаштування електроустановок. URL: http://online.budstandart.com.ua/catalog/doc-page.html?id_doc=72758 (дата звернення: 11.10.2024).

29. Проектування міських територій : підручник / В. М. Бабаєв, Т. Д. Рищенко, О. В. Завальний, І. Е. Линник, Т. О. Чорносопова, О. А. Ткачук, Ю. І. Гайко, Н. В. Мороз. Харків : ХНУМГ, 2019. Ч. 2. 544 с. URL: <http://ep3.nuwm.edu.ua/17398/> (дата звернення: 11.10.2024).
30. Гіроль М., Охримюк Б., Собчук Г., Лагуд Г. Системи водовідведення : навч. посіб. Рівне : НУВГП, 2011. 444 с. URL: <http://ep3.nuwm.edu.ua/2384/> (дата звернення: 11.10.2024).
31. Литвинов А. Л. Теорія систем масового обслуговування : навч. посіб. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. 141 с. URL: https://eprints.kname.edu.ua/50287/1/2017__ПЕЧ_29Н_ТеоріяСистМасОбслугов%20Литвинов.pdf (дата звернення: 08.10.2024).
32. Ткачук О. А. Гідравлічні розрахунки трубопровідних систем водопостачання та водовідведення : монографія. Рівне : НУВГП, 2022. 183 с.
33. Ткачук О. А., Косінов В. П., Новицька О. С. Системи подачі та розподілення води населених пунктів : навч. посіб. Рівне : НУВГП, 2011. 273 с. URL: <http://ep3.nuwm.edu.ua/2010/> (дата звернення: 07.04.2023).
34. Ткачук О. А. Міські інженерні мережі : навч. посіб. Рівне : НУВГП, 2015. 412 с. URL: <http://ep3.nuwm.edu.ua/3674/> (дата звернення: 07.04.2023).
35. Ткачук О. А. Удосконалення систем подачі та розподілення води населених пунктів : монографія. Рівне : НУВГП, 2008. 301 с.
36. Тугай А. М., Орлов В. О. Водопостачання : підручник. Київ : Знання, 2009. 735 с.
37. Хомуцька Т. П. Енергоощадне водопостачання. Київ : Аграрна наука, 2016. 304 с.
38. Онлайн-карта міста Рівного. URL: <https://list.in.ua/%D0%A0%D1%96%D0%B2%D0%BD%D0%B5/map/index> (дата звернення: 11.10.2024).
39. Vacuum sewer. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Vacuum_sewer (дата звернення: 11.10.2024).

ТЕРМІНОЛОГІЧНИЙ СЛОВНИК

Акведук – споруда для подачі води трубопроводами чи каналами через балки, річки або дороги.

АСУ ТП (автоматизована система управління технологічними процесами) – комплекс технічних та програмних засобів, призначений для управління технологічними процесами на виробництвах.

Вільний напір – висота стовпа води над поверхнею землі в точці приєднання споживачів до зовнішньої водопровідної мережі.

Випуск – пристрій, який встановлюють у найнижчих точках ремонтних ділянок, для спорожнення трубопроводів водоводів, водопровідних, теплових чи каналізаційних мереж.

Витоки води – самовільний вилив води із трубопроводів, трубопровідної та водорозбірної арматури, санітарно-технічних приладів без посередньої участі споживачів.

Витрата води – кількість води, що подають споживачам або, що протікає через живий перетин труб чи споруд, за одиницю часу.

Втрати води – кількість води, яка не реалізується споживачам і є сумою витоків води, витрат при проведенні аварійно-відновлювальних робіт (спорожнення, промивка і дезінфекція трубопроводів), на власні технологічні потреби, гасіння пожеж тощо.

Водовід – трубопровід для транспортування води до окремих водопровідних споруд, зокрема, від насосної станції до мережі.

Водопостачання питне – виробнича діяльність, яка направлена на забезпечення споживачів водою питної якості.

Водопровідна мережа – система трубопроводів і споруд на ній для доставки води до місць її споживання на території об'єкта водопостачання.

Водопровідні очисні споруди – комплекс технологічних споруд для очищення води реагентними або безреагентними методами. До їхнього складу, зазвичай, входять відстійники (горизонтальні, вертикальні, тонкошарові), швидкі або повільні

фільтри, контактні освітлювачі, реагентне господарство, установки знезараження води (хлораторні, озонаторні чи бактерицидні).

Водорозбірна колонка – пристрій для розбору води у ємкості із зовнішньої водопровідної мережі.

Водоспоживачі – споживачі води із водопроводу (населення, підприємства, установи, заклади тощо), яких відносять до різних категорій з різними вимогами до кількості та якості води.

Газорегуляторний пункт (ГРП) – комплекс обладнання для зниження тиску газу і підтримання його на заданому рівні, змонтований безпосередньо на місці, розташований у будинках (окремих або прибудованих до інших будинків), приміщеннях, вбудованих в будинки, а також на відкритих майданчиках.

Газорегуляторний пункт блоковий (ГРПБ) – комплекс обладнання для зниження тиску газу та підтримання його на заданому рівні, повністю змонтований в заводських умовах і розташований в одному або декількох контейнерах.

Газорегуляторна установка (ГРУ) – комплекс обладнання для зниження тиску газу та підтримання його на заданому рівні, змонтований безпосередньо на місці і розташований у приміщенні, в якому розміщені установки, що використовують газ, або у суміжному приміщенні, сполученому з ним відкритим отвором.

Гідравлічний опір трубопроводу – параметр, який визначає його пропускну спроможність і залежить від довжини, діаметра, матеріалу труб та інших показників, зокрема, місцевих опорів, величин та характеру відкладень на ділянках інженерних мереж.

Гідроелеватор (ежектор, струминний насос) – пристрій, що забезпечує підсмоктування рідин (або гідросумішей) із середовища, тиск у якому менший ніж у даному пристрої. Конструкція гідроелеватора передбачає витікання робочої рідини із насадка з великою швидкістю, що дозволяє у точці приєднання підсмоктувального патрубку збільшити швидкісний напір, зменшивши п'єзометричний, і створити умови для засмоктування речовин із зовнішнього середовища.

Гідропневматична установка (ГПУ) – підвищувальна станція, яка забезпечує зберігання необхідних запасів води і підтримування заданого напору у споживачів.

Головна понижувальна підстанція (ГПП) – електрична підстанція, що має живлення від високовольтних ліній напругою 35–220 кВ і від якої електроенергію розподіляють по території об'єкта із середньою напругою 6, 10, 35 кВ.

Глибокий ввід (ГВ) – подача електроенергії високої напруги безпосередньо на територію об'єкта за спрощеною схемою, зі зменшенням кількості ступенів трансформації.

Графік водоспоживання – розподіл за годинами доби сумарних витрат води всіх категорій водоспоживачів населеного пункту.

Дисконтована вартість – приведена вартість капітальних вкладень (інвестицій) або майбутнього грошового потоку на визначений момент часу, розрахована на основі відповідного коефіцієнта дисконтування.

Дренажна мережа – система дренажних і водовідвідних трубопроводів і споруд на них, які забезпечують збір ґрунтових вод, що утворюються в межах населених пунктів, та їх транспортування до місць утилізації.

Дюкер – споруда із трубопроводів і обладнання на них для переходу через річки та яри по їх дну.

Економічно вигідний діаметр труб – розрахункова величина діаметра, при якій *дисконтовані витрати* є найменшими.

Електрична мережа міста – сукупність електроустановок для пересилання і розподілу електричної енергії, що складається з підстанцій, розподільчих пристроїв, струмопроводів, повітряних і кабельних ліній електропередачі на території міста.

Електроприймач – електричний апарат, агрегат, механізм, що призначений для перетворення електричної енергії на інший вид енергії.

Інфільтраційний водозабір – система споруд (шахових колодязів, свердловин чи галерей), які влаштовані на березу водойми

у ґрунті і до яких вода поступає через водопроникні породи із затриманням у них забруднень.

Засувка – пристрій для повного чи часткового перекриття потоку води в трубопроводі, запірні елементи якого (диски) переміщуються перпендикулярно потоку.

Зворотній клапан – пристрій, що призначений для запобігання руху води у зворотному напрямі (влаштовують після насоса на напірній лінії перед запірною арматурою тощо).

Зонування систем подачі та розподілення води – поділ *СПРВ* на кілька окремих автономних зон у складі єдиної централізованої системи водопостачання.

Каналізаційні очисні споруди – інженерні споруди єдиного технологічного комплексу для очищення господарсько-побутових стічних вод та переробки затриманого осаду.

Каптаж – водозабірна споруда, що накопичує підземну воду, яка виходить на поверхню землі.

Ковер – оголовок мініколодязя, який забезпечує доступ і захист, розміщених в ньому верхівки штока арматури, контрольних трубок чи клем електровимірювального обладнання.

Колодязь водопровідний, тепловий, газовий чи напірних каналізаційних мереж – підземна споруда для розміщення засувок, гідрантів та інших видів арматури й фасонних частин.

Колодязь каналізаційний (безнапірних каналізаційних мереж) – підземна споруда, що влаштовують в місцях з'єднання кількох прямолінійних ділянок каналізаційних трубопроводів.

Комбінований будинковий регулятор тиску газу (КБРТ) – регулятор тиску, призначений для постачання горючого газу низького тиску до одного або декількох житлових будинків чи інших споживачів при вхідному тиску газу до 0,6 МПа та витраті не більше 10 м³/год.

Компенсатор – пристрій, що компенсує лінійні переміщення або зміни лінійних розмірів трубопроводів.

Контрольна трубка – пристрій для контролю за витіканням газу, який встановлюють в місцях можливого його витікання, зокрема, над з'єднаннями труб чи потенційної загрози їх ушкодження.

Локальний водопровід – система водопостачання, що забезпечує потреби у воді окремих споживачів (промислових підприємств, тваринницьких ферм або груп багатоповерхових будинків).

Люк – верхня частина перекриття колодязя на інженерній мережі у складі кришки і корпусу, встановленого на опорну частину горловини чи робочої камери колодязя.

Магістральна лінія мережі – трубопровід, що призначений для транспортування значних витрат води (тепла чи газу) до найвіддаленіших її споживачів.

Моноструктурна СПРВ – однозонна система подачі та розподілення води, у якій водопровідна мережа не поділена на зони, підзони чи райони, а живлення мережі забезпечує, зазвичай, одна насосна станція.

Необхідний напір – величина тиску води у метрах водяного стовпа, необхідного для забезпечення її подачі до споживачів, які знаходяться на верхніх поверхах будівель, а для підприємств – мінімального тиску для виконання технологічних процесів.

Нераціональні витрати води – безкорисне її споживання, що обумовлено відповідним рівнем культури водоспоживання та відсутністю у значної частини споживачів мотивацій та стимулу до водозбереження.

Низьковольтна електрична мережа – сукупність електроустановок номінальною напругою до 1 000 В, призначених для пересилання та (чи) розподілу електричної енергії.

Норма господарсько-питного водоспоживання – розрахункова кількість питної води, яка необхідна для забезпечення питних, фізіологічних санітарно-гігієнічних та побутових потреб однієї людини на протязі доби в конкретному населеному пункті чи

на окремому об'єкті, при нормальному функціонуванні систем питного водопостачання або при надзвичайних ситуаціях.

Об'єднана система водопостачання – система, яка забезпечує питні та господарсько-побутові потреби населення, виробничі потреби підприємств, а також потреби у воді на пожежогасіння.

Очисні споруди атмосферних вод – інженерні споруди єдиного технологічного комплексу для очищення атмосферних стічних вод перед випуском їх у водойми та утилізації затриманих із них забруднюючих речовин.

Перетворювачі частоти струму (ПЧС) – пристрої безступінчастого регулювання частоти обертання електродвигунів насосів для підтримання заданих параметрів напору і подачі води.

Пожежний гідрант – водорозбірний пристрій, призначений для відбору води із зовнішніх водопровідних мереж при гасінні пожежі.

Противопожежний водопровід високого тиску – водопровід, що забезпечує напір для створення компактного струменя висотою не менше 10 м на рівні верхівки даху найвищої будівлі.

Противопожежний водопровід низького тиску – водопровід, що забезпечує при пожежогасінні вільний напір в мережі над поверхнею землі не менше 10 м.

Пункт регулювання газу (ПРГ) – загальне позначення комплексів обладнання для зниження тиску газу та підтримання його на у заданих межах, зокрема, ГРП, ГРПБ, ШГП, ГРУ тощо.

Резервуари чистої води – ємкісні споруди великих об'ємів (зазвичай, кілька тисяч м³) для зберігання запасів очищеної води (регульовальних, пожежних, аварійних і (чи) на власні потреби.

Розподільча лінія мережі – трубопровід, призначений для розподілу води (тепла чи газу) на території населеного пункту і доставки її (його) до окремих споживачів.

Розподільний пункт (РП) – пристрій, в якому установлені апарати захисту і комутаційні апарати (або тільки апарати захисту) для окремих електроприймачів чи їх груп.

Розподільчі газопроводи – зовнішні газопроводи, що забезпечують транспортування газу від джерел газопостачання до газорегуляторних пунктів міст, селищ та сіл, промислових підприємств, ТЕС, котелень, підприємств комунально-побутового обслуговування населення, житлових і громадських будинків та інших споживачів газу.

Розрахункова витрата води (тепла, газу) – добова, годинна чи секундна витрата води (тепла, газу), яку визначають для всіх категорій споживачів і населеного пункту в цілому при проведенні техніко-економічних і гідравлічних розрахунків мережі.

Розрахунковий режим роботи мережі – характерний режим подачі та розбору води (тепла, газу) у мережі, за яким проводять її техніко-економічні та гідравлічні розрахунки; найчастіше такий режим відповідає найбільшому навантаженню на мережу (максимальне споживання води, тепла чи газу, пожежогасіння тощо).

Свердловина – трубчастий колодязь у земній корі для забору води, природного газу або нафти, який характеризується відносно малим діаметром (до 0,5 м, інколи – до 1,0 м) і великою глибиною (10–100 м і більше).

Система водовідведення (каналізації) – комплекс інженерних мереж та споруд для організованого збору та відведення з території об'єкта каналізування (населеного пункту) стічних вод, що утворилися у процесі господарсько-побутової і виробничої діяльності (крім шахтних, кар'єрних і дренажних вод) та у результаті атмосферних опадів, очищення цих вод і перероблення затриманих осадів, а також відведення у водні об'єкти очищених вод.

Система водопостачання – комплекс інженерних споруд, призначених для добування води з природних джерел, поліпшення її якості, зберігання запасів, транспортування й розподілу водоспоживачам.

Система газопостачання населеного пункту – технічний комплекс, до складу якого входять газопроводи для транспортування горючих газів (включаючи міжселищні), споруди та пристрої на газопроводах, засоби захисту від електрохімічної корозії, котельні, ТЕС, газонаповнювальні і газозаправні станції та пункти,

резервуарні, групові та індивідуальні установки зріджених вуглеводневих газів, а також мережі газифікованих промислових та інших підприємств, житлових і громадських будинків.

Система подачі і розподілення води (СПРВ) – технологічно взаємозв'язана система єдиного гідравлічного комплексу водопровідних споруд, до складу якої входять водоводи, магістральні і розподільчі зовнішні мережі, насосні станції та напірно-регульовальні споруди.

Схема водопостачання – взаємне розташування споруд системи водопостачання, яке найчастіше зображають графічно.

Теплова електростанція (ТЕС) – об'єкт, що генерує електроенергію шляхом спалення палива (газу, вугілля, мазуту) у спеціальних котлах, у яких нагрівається вода і перетворюється в пару; вона обертає турбіни, які генерують струм.

Теплоелектроцентрально (ТЕЦ) – станція, що виробляє одночасно і електроенергію і тепло, яке передається споживачам нагрітою водою за допомогою циркуляційних насосів.

Техніко-економічні показники (ТЕП) – величини, які характеризують продуктивність, обсяги робіт, затрати на влаштування та утримання будівель і споруд тощо.

Техніко-економічний розрахунок мережі – комплекс обчислень, основною метою якого є визначення економічно вигідних діаметрів труб на ділянках мережі, за умови дотримання нормативних вимог і технічних обмежень в її роботі.

Трансформаторна підстанція (ТП) – окрема, прибудована або вбудована будівля, в якій розміщені трансформатори, розподільчі пристрої та пристрої керування для перетворення і розподілу електроенергії.

Трасування інженерної мережі – встановлення схеми мережі на плані населеного пункту з дотриманням певних рекомендацій.

Трубопровідна арматура – пристрої для забезпечення експлуатаційних режимів і надійної роботи трубопроводів і споруд, проведення їх обслуговування та ремонтів.

Централізована система водопостачання – комплекс інженерних об'єктів, споруд і водопровідних мереж, пов'язаних єдиним технологічним процесом виробництва та транспортування питної води, для забезпечення питною водою всієї сукупності визначених її споживачів на території об'єкта водопостачання.

Централізоване водовідведення – господарська діяльність із відведення та очищення комунальних та інших стічних вод за допомогою комплексу об'єктів, споруд, колекторів, пов'язаних єдиним технологічним процесом.

Чистий дисконтований дохід (чиста нинішня вартість) – сучасна вартість майбутніх грошових потоків (прибутків і витрат), дисконтована на рівень граничної вартості капітальних вкладень.

Шафвий регуляторний пункт (ШРП) – комплекс обладнання для зниження тиску газу та підтримання його на заданому рівні, повністю змонтований в заводських умовах, розташований у металевій шафі.

Шахтний колодязь – вертикальна виробка у земній корі для забору води великого поперечного розміру (1–3 м) і відносно невеликої глибини (до 30 м).

Навчальне видання

Ткачук Олександр Андрійович

СИСТЕМИ ІНЖЕНЕРНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАСЕЛЕНИХ ПУНКТІВ

Навчальний посібник

Технічний редактор

Галина Сімчук

*Видавець і виготовлювач
Національний університет
водного господарства та природокористування
вул. Соборна, 11, м. Рівне, 33028.*

*Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до
державного реєстру видавців, виготівників і
розповсюджувачів видавничої продукції
РВ № 31 від 26.04.2005 р.*