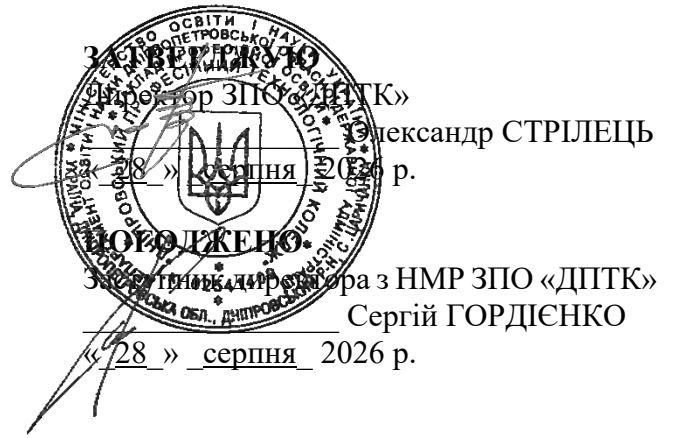




КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

з навчальної дисципліни

«САНІТАРНО-ТЕХНІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ БУДІВЕЛЬ»

для здобувачів освіти освітньо-професійного ступеня
«фаховий молодший бакалавр»
спеціальності G19 «Будівництво та цивільна інженерія»
II курс · 3 семестр · 7 лекцій (14 годин)

ЗМІСТ ЛЕКЦІЙНОГО КУРСУ (14 ГОДИН)

1. Лекція 1. Санітарно-технічне обладнання будівель. Призначення, склад і класифікація внутрішніх інженерних систем
2. Лекція 2. Теплопостачання та опалення будівель. Системи теплопостачання. Теплові мережі. Системи водяного опалення. Опалювальні прилади
3. Лекція 3. Вентиляція та кондиціювання будівель. Природна і механічна вентиляція. Повітрообмін. Повітроводи та вентиляційне обладнання
4. Лекція 4. Газопостачання будівель. Склад і властивості газів. Зовнішні та внутрішні газопроводи. Газові прилади та облік газу
5. Лекція 5. Внутрішнє водопостачання будівель. Системи і схеми. Трубопроводи, арматура й обладнання. Гаряче та протипожежне водопостачання
6. Лекція 6. Внутрішнє водовідведення. Системи каналізації, приймачі стічних вод, трубопроводи, стояки, випуски та внутрішні водостоки
7. Лекція 7. Монтаж трубопроводів та санітарно-технічного обладнання. Випробування, приймання та введення систем в експлуатацію. Вимоги безпеки

Передмова

Конспект побудовано відповідно до навчального плану дисципліни та охоплює основні внутрішні інженерні системи будівель: водопостачання, теплопостачання й опалення, вентиляцію і кондиціювання, газопостачання, водовідведення, а також монтаж, випробування та введення систем у роботу. Теоретичний матеріал подано у навчальній послідовності — від призначення і класифікації систем до їх конструктивного виконання, розрахункових залежностей та технологічних операцій.

Ілюстративний матеріал у конспекті використано безпосередньо з базових навчальних матеріалів курсу.

Лекція 1. Санітарно-технічне обладнання будівель. Призначення, склад і класифікація внутрішніх інженерних систем

Обсяг: 2 год.

Мета лекції. сформувати цілісне уявлення про призначення санітарно-технічного обладнання будівель, склад внутрішніх інженерних систем та принципи побудови внутрішнього водопроводу як однієї з базових систем будівлі.

План лекції

1. Склад і взаємозв'язок внутрішніх інженерних систем будівлі.
2. Призначення та елементи внутрішнього водопроводу.
3. Класифікація систем внутрішнього водопостачання.
4. Основні схеми водопостачання та підвищення напору.
5. Зонування, нижня і верхня розводка, тупикові та кільцеві мережі.
6. Загальні принципи розміщення інженерних комунікацій у будівлі.

1.1. Санітарно-технічні системи як частина інженерного обладнання будівлі

Санітарно-технічне обладнання будівлі утворює комплекс взаємопов'язаних систем, призначених для створення необхідних умов проживання, роботи та експлуатації приміщень. До нього належать системи холодного і гарячого водопостачання, водовідведення, теплопостачання й опалення, вентиляції та кондиціонування, газопостачання, а також прилади, арматура, трубопроводи, насоси, теплообмінники, повітропроводи й інше допоміжне обладнання.

Кожна система має власне функціональне призначення, проте в реальній будівлі вони працюють не ізольовано. Водопостачання пов'язане з водовідведенням через санітарні прилади; теплопостачання забезпечує роботу опалення, гарячого водопостачання та частини вентиляційного обладнання; вентиляція видаляє надлишки теплоти, вологи і забруднень, що виникають під час використання приміщень; газопостачання може бути джерелом енергії для приготування їжі, нагрівання води та місцевого опалення.

Під час розміщення інженерних мереж у будівлі враховують трасування трубопроводів і каналів, доступність арматури для обслуговування, можливість ремонту, захист конструкцій від протікань і конденсату, а також взаємне розташування різних комунікацій. Тому проектування санітарно-технічних систем потребує одночасного розуміння функції системи, конструкції будівлі та послідовності монтажу.

1.2. Внутрішній водопровід як базова система будівлі

Поняття внутрішнього водопроводу та його склад

У навчальному матеріалі внутрішнім водопроводом названо розміщену в будівлі систему, яка одержує воду із зовнішньої водопровідної мережі та подає її під напором до споживачів. Навчальний матеріал конкретизує склад такої системи: ввід у будівлю, водомірний вузол, розвідна мережа, магістральні трубопроводи, стояки, підводки до санітарних приладів і технологічного обладнання, а також арматура. За місцевих умов до складу можуть додаватися насосні установки, водонапірні або гідропневматичні ємності та інше обладнання.

Функціонально внутрішній водопровід є ланкою між зовнішньою мережею і конкретними точками водорозбору. Його робота має забезпечити три базові умови, прямо зазначені у навчальному матеріалі: необхідну якість води, потрібну кількість води та необхідний напір у місцях споживання. У житлових будівлях водопровід взаємопов'язаний із системою водовідведення, оскільки використана вода після санітарних приладів повинна організовано відводитися з будинку.

Структурно систему можна подати так: зовнішня мережа → ввід → водомірний вузол → магістральний трубопровід → стояки → поверхові та квартирні підводки → водорозбірна або змішувальна арматура. Саме така послідовність елементів показана на схемах у навчальних матеріалах.

Класифікація внутрішніх систем водопостачання

За температурою води навчальний матеріал розрізняє системи холодного і гарячого водопостачання. За призначенням системи холодного водопостачання поділяються на господарсько-питні, протипожежні, виробничі та суміщені. Навчальний матеріал додатково наголошує, що господарсько-питна система подає воду для пиття, приготування їжі та санітарно-гігієнічних потреб; виробнича — для технологічних процесів; протипожежна — для гасіння або локалізації пожежі.

За способом використання води системи бувають проточними, зворотними та з повторним використанням. У проточній системі вода після одноразового використання відводиться до каналізації; у зворотній — після відновлення потрібних властивостей використовується багаторазово; при повторному використанні вода після однієї групи споживачів подається іншій групі. Така класифікація найбільш характерна для виробничого водопостачання.

Основні схеми внутрішнього водопроводу

Найпростішою є схема, за якої напір у зовнішньому водопроводі протягом доби достатній для роботи всіх водорозбірних приладів. Вона не потребує насосів

або водонапірних пристроїв і є найпростішою в експлуатації, однак її застосування обмежене висотою будівлі та величиною гарантованого напору.

Якщо достатній напір у зовнішній мережі існує лише частину доби, джерела описують схеми з регулюючим або водонапірним баком. У період достатнього напору бак заповнюється, а в години зменшення напору накопичена вода забезпечує роботу системи. За постійно недостатнього напору застосовують підвищувальні насосні установки.

У навчальному матеріалі окремо наведена схема з насосом і гідропневмобаком. Насос подає воду в гідропневмобак, у якому формується запас води під тиском. Після досягнення максимального заданого тиску насос вимикається, а водорозбір певний час відбувається за рахунок тиску в баку. Коли тиск знижується до мінімальної встановленої величини, насос знову вмикається. Такий цикл повторюється автоматично.

Для висотних будівель застосовують зонні схеми. Будівлю поділяють по висоті на окремі зони, у межах яких інженерні системи працюють автономно або частково автономно. У навчальному матеріалі зазначено, що зонування потрібне, зокрема, для обмеження надмірного напору в нижніх точках зони. Зонні системи можуть мати один насос для декількох зон або окремі насоси для кожної зони.

Розводка і прокладання трубопроводів у будівлі

За місцем прокладання магістральної лінії системи поділяють на схеми з нижньою і верхньою розводкою. При нижній розводці магістраль розташовують у підвалі або технічному підпіллі; при верхній — на горищі або верхньому технічному рівні. За рівних умов навчальний матеріал рекомендує віддавати перевагу нижній розводці, особливо в будівлях з експлуатованими підвалами.

Внутрішні мережі також бувають тупиковими та кільцевими. Тупикові мережі характерні для відносно невеликих об'єктів. Кільцеві застосовують для розгалужених мереж і для об'єктів, де необхідна підвищена надійність, зокрема за наявності внутрішнього пожежогасіння.

Прокладання труб у приміщеннях виконують відкрито або приховано. Приховане прокладання застосовують там, де є підвищені вимоги до оздоблення: у каналах, підвісних стелях, штрабах і борознах. За відкритого прокладання трубопровід доступний для огляду та ремонту. Магістральні трубопроводи системи холодного водопостачання і стояки ізолюють для запобігання конденсації вологи.

Функціональна послідовність руху води

Вода надходить із зовнішньої мережі через ввід, проходить вузол обліку, після чого розподіляється магістральними трубопроводами і стояками. На поверхах від стояків виконують відгалуження до квартирних або приміщенських підводок, які закінчуються водорозбірною чи змішувальною арматурою. Якщо гарантованого напору зовнішньої мережі недостатньо, між вводом і внутрішньою мережею встановлюють насосне або регулювальне обладнання.

Для системи важливо не лише подати потрібну кількість води, а й забезпечити її подачу з таким напором, щоб найвіддаленіший і найвище розташований водорозбірний прилад працював у розрахунковому режимі. У висотних будинках надмірний напір на нижніх поверхах так само небажаний, як недостатній напір на верхніх, тому систему поділяють на зони або застосовують регулятори тиску.

Ознака класифікації	Види систем	Основна характеристика
Температура води	Холодне; гаряче водопостачання	Подача води відповідної температури до споживачів
Призначення	Господарсько-питні; протипожежні; виробничі; суміщені	Визначає вимоги до води, режим роботи й обладнання
Використання води	Проточні; зворотні; з повторним використанням	Характеризує подальший рух води після її використання
Побудова мережі	Тупикові; кільцеві	Впливає на надійність і напрямки подачі води
Розташування магістралі	Нижня; верхня розводка	Магістраль прокладають у нижній або верхній частині будівлі

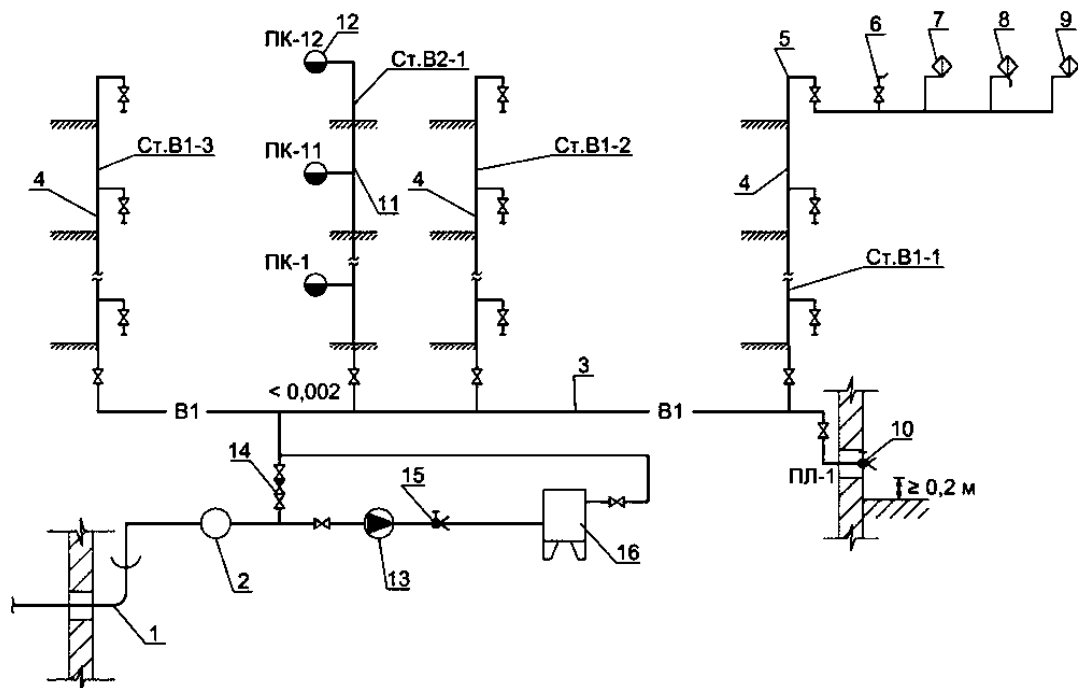


Рис. 1.1. Схема внутрішнього водопроводу з насосом і гідропневматичним баком

У схемі з гідропневматичним баком насос працює періодично. Після підвищення тиску до встановленого верхнього значення насос вимикається, а подача води певний час здійснюється за рахунок запасу в баку. Коли тиск знижується до нижнього заданого рівня, насос автоматично вмикається. Такий режим зменшує кількість безперервної роботи насосного агрегату та стабілізує тиск у мережі.

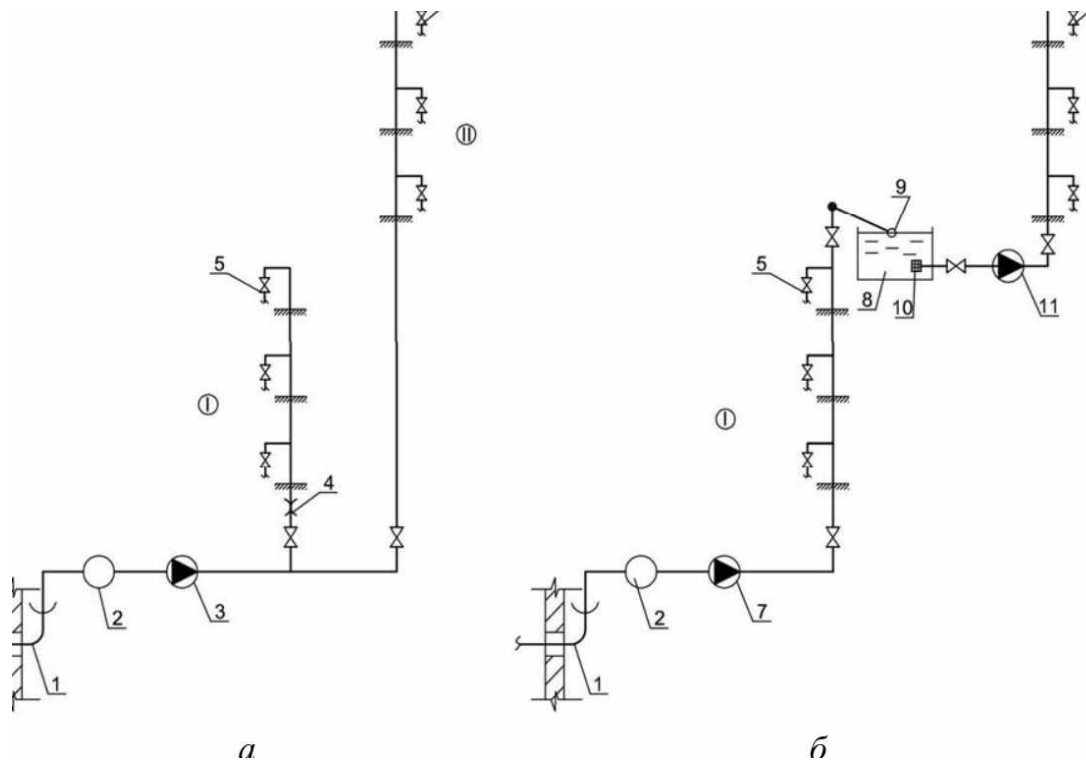


Рис. 1.2. Зонний принцип побудови внутрішнього водопроводу висотної будівлі

Зонування застосовують тоді, коли одна система не може одночасно забезпечити допустимі умови роботи на нижніх і верхніх поверхах. Кожна зона має власний робочий діапазон тиску. Обладнання може бути зосереджене внизу будівлі або розміщене на технічних поверхах. Вибір схеми пов'язаний з висотою будівлі, режимом водоспоживання, доступними приміщеннями для обладнання та вимогами до енергоефективності.

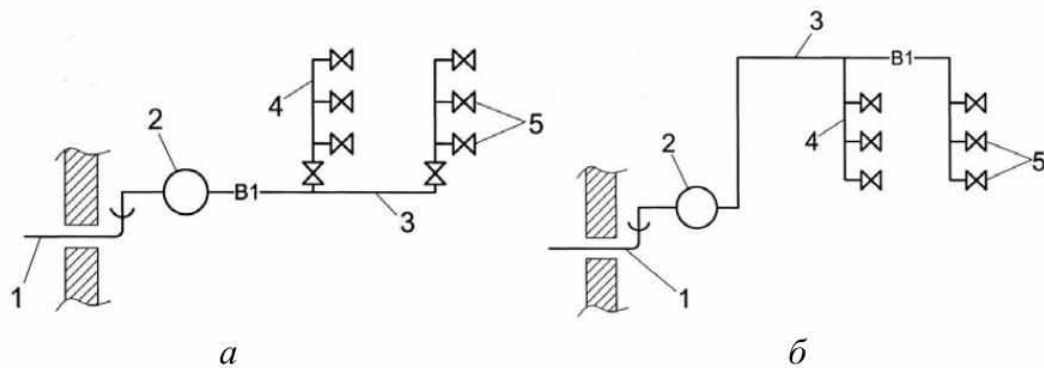


Рис. 1.3. Приклади розподільних схем внутрішньої водопровідної мережі

Відкрите та приховане прокладання

Відкрите прокладання забезпечує найкращу доступність трубопроводів, арматури й з'єднань для огляду та ремонту. Приховане прокладання застосовують у каналах, борознах, шахтах, підвісних стелях та інших конструктивно передбачених порожнинах. За прихованої прокладки особливо важливо передбачити доступ до запірної арматури, фільтрів, лічильників і роз'ємних з'єднань.

Трубопроводи холодної води ізолюють насамперед для запобігання конденсації вологи на поверхні. Для гарячого водопостачання ізоляція зменшує тепловтрати та підтримує необхідну температуру води. Отже, вибір способу прокладання і теплоізоляції безпосередньо пов'язаний з умовами експлуатації системи.

РОЗШИРЕНИЙ ТЕОРЕТИЧНИЙ МАТЕРІАЛ

1.3. Інженерна система як єдиний технологічний ланцюг

Інженерне забезпечення будівлі доцільно розглядати не як набір окремих труб і приладів, а як пов'язану послідовність «джерело ресурсу — ввід — розподіл — кінцевий споживач — відведення або повернення». Для води таким ланцюгом є зовнішній водопровід, водопровідний ввід, вузол обліку, внутрішня мережа, санітарний прилад і система водовідведення. Для теплоти — джерело, тепла мережа, тепловий пункт, система опалення та поверхні, що передають теплоту приміщенню. Для повітря — забір, обробка, подавання, розподіл і видалення. Схему будівлі читають у напрямку переміщення робочого середовища. [4, с. 42–46, 94–95, 153–154]

Межа зовнішньої та внутрішньої системи визначає, де змінюється відповідальність за транспортування, регулювання та облік ресурсу. Внутрішній водопровід працює під напором; внутрішня каналізація зазвичай є самотісною. Ці

системи мають спільні санітарні прилади, але різні гідравлічні режими: у водопроводі важливо доставити воду з достатнім напором, у каналізації — забезпечити безперешкодний рух стоків і відокремити приміщення від газів мережі. З цієї причини подача води та її відведення проєктуються узгоджено. [4, с. 42–46, 70–73]

У реальній будівлі інженерні мережі повинні враховувати архітектурно-планувальні рішення: місця технічних приміщень, шахт, санітарних вузлів, висоти поверхів, конструкцію перекриттів і доступність обслуговування. Спільне трасування скорочує довжину комунікацій, однак не усуває вимог до ізоляції, кріплення, доступу до роз'ємних з'єднань і захисту конструкцій. Прихована мережа не повинна перетворювати запірну арматуру, ревізію або прилад обліку на недоступний елемент. [5, с. 15–20; 4, с. 45–47]

1.4. Читання принципів схем і розуміння вузлів

Принципова схема насамперед пояснює функцію елементів і шлях руху середовища, а не геометричне розміщення труб до сантиметра. На ній слід знайти джерело води, ввід, запірний орган, вузол обліку, підвищувальний насос, магістралі, стояки та точки водорозбору. На плані поверху або аксонометричній схемі додатково читають просторові зв'язки: місце стояка, напрямок розводки, підйом і спуск труб, місця перетину конструкцій. Розрізнення цих типів зображення необхідне для перевірки креслень перед монтажем. [4, с. 42–46; 5, с. 10–20]

Водовимірний вузол показує, що облік є частиною системи, а не окремим приладом. Його компонування має забезпечити проходження розрахункової витрати, можливість відключення, огляду й обслуговування. **Стояк** організує вертикальний розподіл, **магістраль** переносить потік між вузлами, **підводка** з'єднує стояк із приладом. При аналізі схеми корисно послідовно відповісти, де ресурс надходить, чим вимірюється, як розподіляється та яка ланка може зупинити його рух. [4, с. 42–49]

Особливість будівлі великої висоти полягає у зростанні різниці геодезичних позначок між нижніми та верхніми поверхами. Для пояснення вибору зонної системи важливо розуміти суперечність: верхній споживач потребує достатнього напору, тоді як нижні поверхи не повинні працювати за надлишкового тиску. Зонування відокремлює частини мережі з різними робочими тисками; це загальний принцип, а не готова схема без урахування конкретного об'єкта. [4, с. 43–46]

1.5. Технічні показники й експлуатаційна придатність

Витрата характеризує кількість води, що проходить через ділянку за одиницю часу; **напір** — енергію потоку, виражену висотою водяного стовпа; **тиск** — силу, віднесену до площі. Для напірної мережі ці величини взаємопов'язані, але не тотожні. На відміну від розрахункової витрати, що змінюється разом із водоспоживанням, геометрична висота диктуючого приладу визначається положенням точки водорозбору. Втрати напору зростають під час руху води трубами, фасонними частинами та арматурою. [4, с. 49–55]

Для вибору схеми внутрішнього водопроводу враховують гарантований напір зовнішньої мережі, кількість і розташування споживачів, наявність технічного приміщення, безперервність водопостачання та режим споживання. Накопичувальна ємність вирівнює нерівномірність подавання і водорозбору; насос збільшує напір; гідропневматичний бак дає змогу зменшити частоту вмикання насосної установки. Кожний додатковий вузол водночас ускладнює технічне обслуговування, тому його застосування має бути функціонально обґрунтованим. [4, с. 42–45, 55–57]

Трубопроводи та обладнання добирають не тільки за пропускну здатністю. Важливі також довговічність матеріалу, надійність ущільнень, доступність ремонту, температурний режим і спосіб кріплення. Холодні труби захищають від конденсації, гарячі — від невиправданих тепловтрат; у місцях проходження через будівельні конструкції передбачають належний захист. Конкретні конструктивні рішення, номенклатура матеріалів і вузли кріплення опрацьовуються на відповідних наступних заняттях. [5, с. 14–19; 4, с. 45–49]

1.6. Алгоритм аналізу інженерної схеми

Навчальне читання будь-якої схеми доцільно починати з призначення системи, після чого позначати межі підключення та всі кінцеві споживачі. Далі визначають магістральні шляхи руху середовища, роль регулювальної і запірної арматури, місця вимірювання, аварійного відключення й технічного доступу. Наприкінці пояснюють, що відбувається при припиненні подачі з джерела або відмові одного елемента. Це виявляє функціональні залежності, які легко пропустити під час механічного читання умовних позначень. [4, с. 42–49]

Під час міждисциплінарного узгодження важливо не плутати *функціональну* й *просторову* придатність рішення. Схема може бути правильною за робочим принципом, але незручною для монтажу чи обслуговування через невіддале розміщення обладнання. І навпаки, компактно прокладені труби не забезпечують належної роботи без достатнього напору або потрібного напрямку потоку. Тому

фахівець перевіряє схему одночасно за призначенням, гідравлічною логікою, розміщенням і доступністю. [4, с. 42–49; 5, с. 15–20]

Таблиця 1.1. Функціональні зв'язки інженерних систем

Система	Що надходить	Основна функція	Контрольне питання
Внутрішній водопровід	Холодна або гаряча вода	Доставити воду до приладів	Чи є достатній напір?
Водовідведення	Використана або дощова вода	Організовано відвести стоки	Чи безперервний самоплив?
Опалення	Теплоносій	Передати теплоту приміщенню	Чи узгоджені потік і навантаження?
Вентиляція	Повітря	Забезпечити обмін і видалення забруднень	Чи є приплив і витяжка?
Газопостачання	Газоподібне паливо	Подати газ до споживачів	Де можливе відключення?

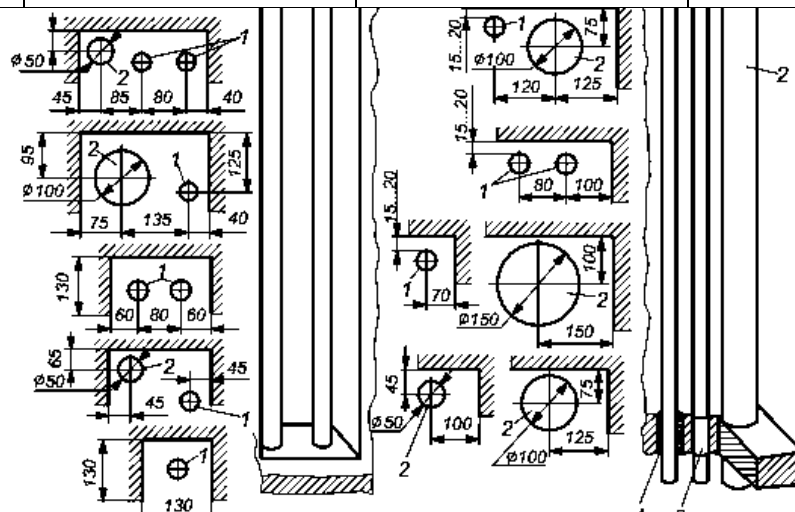


Рисунок 1.4 — Варіанти монтажного положення водопровідних стояків (за [5, с. 17], рис. 1.6).

Навчальні акценти. Матеріал цього розділу пояснює принципи роботи та взаємозв'язок елементів систем. Поглиблений добір конструкцій, окремі технологічні карти й числові розрахунки виконуються за відповідними темами самостійної роботи та практичними завданнями згідно з РНП.

Навчальна література до лекції: [4, с. 42–49; 5, с. 10–20]

Висновки

- санітарно-технічне обладнання будівлі є комплексом взаємопов'язаних інженерних систем;
- внутрішній водопровід включає ввід, вузол обліку, магістралі, стояки, підводки, арматуру та за потреби насосне й регулювальне обладнання;

- схему водопостачання вибирають за гарантованим напором, висотою будівлі, режимом водоспоживання і вимогами до надійності;
- для висотних будівель застосовують зонування, а мережі можуть мати нижню або верхню розводку, тупикову чи кільцеву структуру.

Питання для самоконтролю

1. Які внутрішні інженерні системи належать до санітарно-технічного обладнання будівлі?
2. З яких основних елементів складається внутрішній водопровід?
3. За якими ознаками класифікують системи внутрішнього водопостачання?
4. Коли застосовується схема з насосом і гідропневматичним баком?
5. У чому полягає призначення зонування водопровідної мережі?
6. Чим відрізняються нижня та верхня розводки, тупикова та кільцева мережі?

Лекція 2. Теплопостачання та опалення будівель. Системи теплопостачання. Теплові мережі. Системи водяного опалення. Опалювальні прилади

Обсяг: 2 год.

Мета лекції. сформувати розуміння процесу виробництва, транспортування та використання теплоти в будівлях; розглянути джерела теплоти, теплові пункти, теплові мережі, системи опалення та опалювальні прилади.

План лекції

1. Загальні положення і класифікація систем теплопостачання.
2. Джерела теплоти: ТЕЦ, котельні, місцеві та дахові котельні.
3. Теплові пункти та визначення теплової потреби.
4. Теплові мережі, способи прокладання, ізоляція та компенсація.
5. Гідравлічні основи транспортування теплоносія.
6. Системи водяного опалення.
7. Опалювальні прилади та місцеве опалення.

2.1. Загальні положення та класифікація систем теплопостачання

Поняття системи теплопостачання

У навчальному матеріалі системою теплопостачання названо комплекс заходів і пристроїв для виробництва, транспортування та використання теплоти. Виробництво теплоти відбувається у котельних установках або на інших джерелах; транспортування — теплопроводами; використання — в системах опалення, гарячого водопостачання, вентиляції, кондиціювання та технологічних процесах.

Одним з основних способів одержання теплоти є спалювання палива. У навчальному матеріалі паливо поділено за фізичним станом на тверде, рідке і газоподібне. Основною теплотехнічною характеристикою названо теплоту згорання — кількість теплоти, яка виділяється при повному спалюванні одиниці маси твердого або рідкого палива чи одиниці нормального об'єму газоподібного палива. Для порівняння різних палив використано поняття умовного палива.

Класифікація систем теплопостачання

Навчальний матеріал систематизує системи теплопостачання за кількома ознаками. За місцем розташування джерела вони бувають централізованими та місцевими. Централізована система обслуговує багато споживачів з одного великого джерела, а місцева — окрему будівлю або невелику групу споживачів від локального джерела теплоти.

У відкритих системах частина мережної води відбирається на гаряче водопостачання. У закритих системах мережна вода або пара не відбирається споживачем, а передає теплоту іншому середовищу через теплообмінник.

Теплоносії

У водяних системах теплоносієм є гаряча вода. Вона нагрівається у водогрійному котлі або іншому, подається до споживачів, віддає частину теплоти й повертається зворотним трубопроводом для повторного нагрівання. У житлово-комунальному господарстві водяні системи є найбільш поширеними.

У парових системах теплоносієм є водяна пара. У нагрівальних приладах пара конденсується і віддає теплоту фазового переходу. Конденсат відводиться від приладів і, залежно від схеми, може повертатися до джерела або використовуватись іншим способом.

У повітряних системах повітря нагрівається і подається до приміщень каналами або безпосередньо. Комбіновані системи використовують більше одного теплоносія: наприклад, первинний теплоносіє передає теплоту вторинному, який уже безпосередньо обслуговує приміщення.

Природна і механічна циркуляція

Системи з природним спонуканням працюють завдяки різниці густини й тиску нагрітого та охолодженого теплоносія. Для водяних систем це різниця тисків стовпів гарячої й охолодженої води. У системах з механічним спонуканням циркуляцію води створює насос, а рух повітря в повітряних системах — вентилятор.

За кількістю паралельно прокладених теплопроводів розрізняють однотрубні, двотрубні, тритрубні, чотиритрубні та багатотрубні системи. На практиці найбільш поширені двотрубні системи: один трубопровід подає теплоносіє до споживача, інший повертає його до джерела.

Централізоване тепlopостачання

Централізоване тепlopостачання поділено на районне тепlopостачання від котелень і теплофікацію — комбіноване виробництво теплової та електричної енергії на теплоелектроцентралях. У принциповій схемі від водогрійної котельні нагріта вода подається подавальним теплопроводом до споживачів, а охолоджена вода мережними насосами повертається зворотним теплопроводом до котлів.

Для підтримання температури мережної води в подавальній лінії до неї може підмішуватися частина охолодженої води зі зворотного трубопроводу. Втрати мережної води поповнюються підготовленою водою. У централізованих системах як теплоносії застосовують гарячу воду й водяну пару.

Ознака	Види	Характеристика
Розміщення джерела	Централізовані; місцеві	Одне велике джерело для багатьох споживачів або локальне джерело біля споживача
Використання теплоносія	Відкриті; закриті	У відкритій системі мережна вода може відбиратися на ГВП; у закритій тепло передається через теплообмінник
Теплоносій	Водяні; парові; повітряні; комбіновані	Теплота переноситься гарячою водою, паром, нагрітим повітрям або поєднанням теплоносіїв
Циркуляція	Природна; механічна	Рух створюється різницею густини або насосами/вентиляторами
Кількість теплопроводів	Одно-, дво-, три-, чотири- та багатотрубні	Визначає схему транспортування теплоносія між джерелом і споживачем

Паливо як джерело теплової енергії

За фізичним станом паливо поділяють на тверде, рідке та газоподібне. Для порівняння палив використовується теплота згоряння — кількість теплоти, яка виділяється під час повного спалювання одиниці маси або нормального об'єму палива. У навчальних розрахунках ця характеристика дає змогу оцінювати енергетичну цінність різних видів палива та визначати орієнтовну потребу в ньому.

Вид палива	Орієнтовна теплота згоряння, наведена в навчальному матеріалі
Деревина	8400–12000 кДж/кг
Торф	8500–15000 кДж/кг
Кам'яне вугілля	25000–28000 кДж/кг
Мазут	38000–39000 кДж/кг
Природний газ	34000–36000 кДж/м ³

2.2. Джерела теплопостачання, котельні та теплові пункти

Основні джерела теплопостачання

У містах основними джерелами централізованого теплопостачання навчальний матеріал називає теплоелектроцентралі та котельні. ТЕЦ одночасно виробляє електричну й теплову енергію, що є основою теплофікації. Котельня являє собою комплекс обладнання для вироблення теплоти у вигляді гарячої води або пари.

Комунальні котельні в джерелі класифіковано за масштабом обслуговування на домові, групові, мікрорайонні та районні. Домова котельня забезпечує окремий будинок; групова — декілька будівель; мікрорайонна — житлові й громадські

будівлі мікрорайону; районна — значну частину міської забудови або невелике місто.

За видом теплоносія котельні поділяють на парові та водогрійні, за видом палива — газові, мазутні, вугільні та інші. За призначенням виділені енергетичні, опалювально-виробничі й опалювальні котельні.

Децентралізовані джерела теплоти

Поряд із централізованими системами в навчальний матеріал розглядається децентралізоване теплопостачання від місцевих котелень, розташованих поблизу або безпосередньо в будівлях. Окремо згадані дахові котельні, які встановлюють на покрівлі та використовують для опалення і гарячого водопостачання конкретної будівлі. Такі рішення розглядаються як доцільні, зокрема, за значної віддаленості об'єкта від централізованої теплової мережі.

Теплові пункти

Тепловий пункт визначений як комплекс інженерного обладнання, який зв'язує теплову мережу зі споживачами та забезпечує приймання, підготовку, розподіл, регулювання й облік теплоносія. Теплові пункти поділяються на індивідуальні та центральні.

Індивідуальний тепловий пункт розміщують безпосередньо в будівлі, де знаходяться системи опалення, гарячого водопостачання, вентиляції й кондиціонування. Центральний тепловий пункт обслуговує групу будівель. наведено варіанти ЦТП для підготовки гарячої води, теплоносія системи опалення або одночасно для обох потреб.

Теплове навантаження об'єкта

Теплова енергія використовується на опалення, вентиляцію і кондиціонування, гаряче водопостачання та технологічні процеси. Загальна потреба об'єкта в теплоті визначає потрібну потужність системи теплопостачання. У навчальному матеріалі вона подана як сума максимальних потоків теплоти з урахуванням коефіцієнта втрат: $Q = K(Q_o + Q_{г.в.} + Q_v + Q_t)$, де Q_o — опалення; $Q_{г.в.}$ — гаряче водопостачання; Q_v — вентиляція; Q_t — технологічні процеси.

Якщо типові або індивідуальні проекти відсутні, джерело допускає попереднє визначення теплових потоків за укрупненими показниками. Для окремих будівель орієнтовні витрати теплоти на опалення й вентиляцію можуть оцінюватися за питомими характеристиками та зовнішнім об'ємом будівлі.

Регулювання тепlopостачання

Режими різних теплоспоживачів не збігаються. Опалення й вентиляція значною мірою залежать від зовнішньої температури, тоді як гаряче водопостачання має добову нерівномірність. Тому в системах змінюють витрату або параметри теплоносія відповідно до фактичної потреби.

За місцем здійснення регулювання навчальний матеріал виділяє центральне, групове, місцеве та індивідуальне. Центральне виконується на ТЕЦ або в котельні; групове — у ЦТП; місцеве — в ІТП; індивідуальне — безпосередньо біля тепловикористовуючого приладу.

Тепловий пункт є сполучною ланкою між зовнішньою тепловою мережею і внутрішніми системами будівлі. Тут приймають теплоносій, регулюють його параметри, виконують облік, за потреби готують гарячу воду і забезпечують циркуляцію. Індивідуальний тепловий пункт обслуговує одну будівлю, центральний — групу будівель.

$$Q = K \cdot (Q_o + Q_{г.в} + Q_v + Q_t) \quad (2.1)$$

де:

Q – загальна теплова потреба об'єкта, Вт;

K – коефіцієнт, що враховує додаткові втрати теплоти;

Q_o – максимальний тепловий потік на опалення, Вт;

$Q_{г.в}$ – максимальний тепловий потік на гаряче водопостачання, Вт;

Q_v – максимальний тепловий потік на вентиляцію, Вт;

Q_t – тепловий потік на технологічні потреби, Вт;

Сумарна теплова потужність визначає вимоги до джерела теплоти, теплового пункту та транспортуючих трубопроводів. У реальному проєкті складові теплового навантаження визначаються окремими розрахунками відповідних систем.

2.3. Теплові мережі та гідравлічні основи

Призначення і склад теплової мережі

Теплова мережа у навчальному матеріалі визначена як система теплопроводів, якими високотемпературний теплоносій переміщується від ТЕЦ або котельні до споживачів. Проєктування мережі має забезпечувати міцність і надійність трубопроводів, урахувати температурні подовження, теплові втрати та корозійні процеси.

За призначенням мережі поділено на магістральні, розподільні або міжквартальні, внутрішньоквартальні та відгалуження до теплових пунктів.

Основними складовими теплопроводу названі робоча труба, компенсаційні пристрої, теплоізоляційна конструкція та утримувальні конструкції або опори.

Надійність і способи прокладання

За вимогами надійності поділяють споживачів на дві категорії. Для першої категорії перерва в подачі теплоти не допускається, тому живлення має виконуватися від закільцьованої мережі, двох магістралей або двох джерел. Інші споживачі віднесені до другої категорії.

Теплопроводи прокладають підземно або надземно. У міській забудові підземні мережі можуть розміщуватись у непрохідних, напівпрохідних і прохідних залізобетонних каналах. Непрохідні канали мають менші початкові витрати, але ремонт труб та ізоляції потребує розкриття ґрунту й покриття.

Окремо розглядаються безканальне прокладання. Конструкція такого трубопроводу може містити антикорозійний, теплоізоляційний, гідроізоляційний і захисно-механічний шари. Наведені засипні, збірні, литі та монолітні рішення; до монолітних належать попередньоізольовані трубопроводи заводського виготовлення.

Надземне прокладання виконується на естакадах, низьких або високих опорах і по стінах будівель. Слід відзначити його експлуатаційні переваги: доступність труб, спрощення виявлення аварій і можливість сумісного прокладання з іншими трубопроводами. Водночас у житлових районах такий спосіб обмежений архітектурно-естетичними вимогами.

Труби, арматура, ізоляція, компенсатори й опори

Для магістральних теплових мереж навчальний матеріал розглядає сталеві безшовні та електрозварні труби. З'єднання сталевих труб виконують переважно зварюванням, фланцеві з'єднання застосовують у місцях встановлення відповідної арматури. Повороти, переходи й відгалуження виконуються фасонними частинами.

Теплова ізоляція потрібна для зменшення втрат теплоти і захисту труб. У навчальному матеріалі перелічені мінераловатні матеріали, скловолокно, пінополіуретан, перлітоцемент та інші матеріали залежно від способу прокладання. Покривний шар захищає теплоізоляцію від зволоження і механічних пошкоджень.

При температурі теплоносія вище 50 °С джерело передбачає компенсацію теплового подовження труб. Для цього застосовують осьові та радіальні компенсатори; поширеними є гнучкі П- та Z-подібні компенсатори, сформовані з самого трубопроводу.

Опори поділяють на нерухомі й рухомі. Нерухомі фіксують трубопровід і сприймають сили, що виникають при температурних деформаціях. Рухомі підтримують трубу й допускають її поздовжнє переміщення. наведені ковзні, коткові, кульові та підвісні рухомі опори.

Похил, спорожнення і гідравлічний розрахунок

Для можливості спорожнення теплопроводів їх прокладають з похилом. Воду з кожної труби відводять окремо через скидні пристрої; на паропроводах улаштовують дренаж для відведення конденсату.

Завданням гідравлічного розрахунку джерело називає визначення діаметрів теплопроводів і втрат тиску. Розрахунок виконують за схемою, на якій задані довжини ділянок, арматура, фасонні частини, компенсатори та витрати теплоносія. Сумарні втрати тиску подані як сума лінійних втрат і втрат у місцевих опорах: $\Delta P = \Delta P_{\text{л}} + \Delta P_{\text{м}}$.

Лінійні втрати тиску визначають добутком питомих втрат на тертя і фактичної довжини ділянки: $\Delta P_{\text{л}} = R \cdot l_{\text{ф}}$. місцеві втрати для попереднього розрахунку прийнято через частку від лінійних. Розрахункова витрата теплоносія на ділянці складається з витрат на опалення, вентиляцію та гаряче водопостачання.

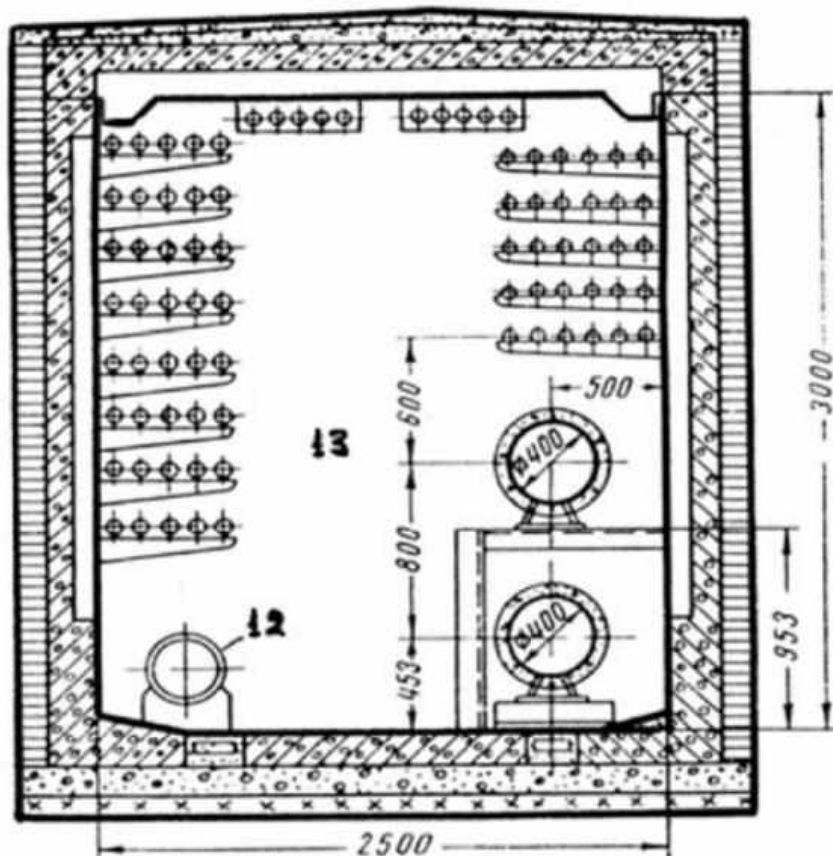


Рис. 2.1. Приклад розміщення теплопроводів у прохідному каналі

Канальне прокладання забезпечує механічний захист трубопроводів і, залежно від типу каналу, можливість огляду та ремонту. Для теплових мереж також застосовують безканальне прокладання попередньо ізольованих труб, надземні рішення на опорах і прокладання у технічних спорудах.

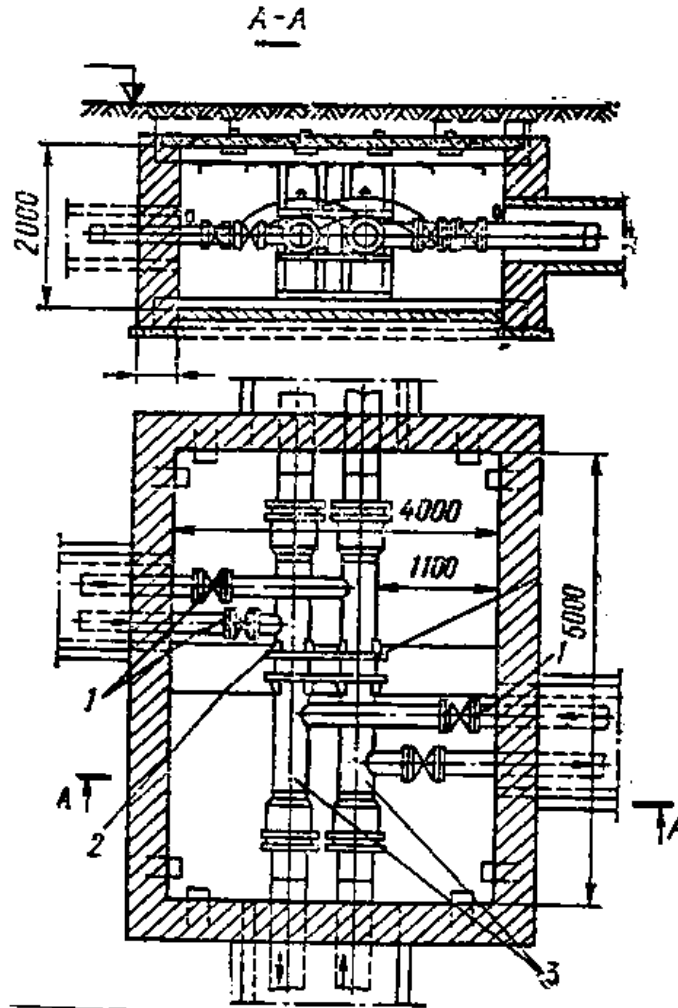


Рис. 2.2. Теплова камера для розміщення арматури та елементів теплової мережі

$$\Delta P = \Delta P_{\text{Л}} + \Delta P_{\text{М}} \quad (2.2)$$

де:

ΔP – сумарні втрати тиску на розрахунковій ділянці, Па;

$\Delta P_{\text{Л}}$ – лінійні втрати тиску на тертя, Па;

$\Delta P_{\text{М}}$ – втрати тиску в місцевих опорах, Па;

$$\Delta P_{\text{Л}} = R \cdot l_{\text{ф}} \quad (2.3)$$

де:

R – питомі втрати тиску на тертя, Па/м;

$l_{\text{ф}}$ – фактична довжина ділянки трубопроводу, м;

Під час транспортування гарячого теплоносія трубопроводи змінюють свою довжину. Тому в теплових мережах передбачають нерухомі та рухомі опори, а також компенсатори температурних подовжень. Одночасно необхідно забезпечити можливість видалення повітря з верхніх точок і спорожнення трубопроводів у нижніх точках системи.

2.4. Опалення будівель та опалювальні прилади

Призначення системи опалення

Система опалення призначена для компенсації тепловтрат будівлі й підтримання потрібної температури внутрішнього повітря. У навчальному матеріалі найбільшу увагу приділено водяному опаленню як найпоширенішому для житлових, громадських і виробничих будівель.

Водяні системи класифікуються за температурою теплоносія, способом подачі та відведення води, розташуванням трубопроводів і способом циркуляції. За схемою руху води через опалювальні прилади розрізняють однотрубні й двотрубні системи.

Однотрубні і двотрубні системи

В однотрубній системі теплоносій послідовно проходить через декілька опалювальних приладів і повертається до джерела по тому самому стояку або гілці. Така схема конструктивно проста і потребує меншої кількості труб. У міру проходження через прилади температура теплоносія знижується.

У двотрубній системі до кожного опалювального приладу підходить подавальний трубопровід і від нього відходить зворотний. Це дає змогу подавати до приладів теплоносій з близькими температурними параметрами й полегшує регулювання. Системи можуть бути вертикальними та горизонтальними, з верхнім або нижнім розташуванням магістралей.

Рух теплоносія може відбуватися природно або механічно. У гравітаційній системі циркуляція створюється різницею густини гарячої та охолодженої води. У насосній системі потрібний циркуляційний тиск забезпечує насос.

Опалювальні прилади

Опалювальний прилад передає теплоту від теплоносія до повітря і поверхонь приміщення. Розглядаються радіатори, конвектори, ребристі та гладкі труби, панельні прилади, а також калорифери, що використовуються для нагрівання повітря.

Радіатор визначено як конвективно-радіаційний прилад, який може складатися із секцій або плоских блоків. Чавунні секційні радіатори мають значну теплову інерцію. Сталеві панельні радіатори мають меншу масу та інерційність. Алюмінієві й біметалеві прилади характеризуються високою тепловіддачею при відносно невеликій масі.

Конвектори передають значну частину теплоти за рахунок руху повітря уздовж нагрітої поверхні. Гладкотрубні та ребристі прилади використовують переважно у виробничих приміщеннях. При виборі приладу джерело пропонує враховувати теплову потужність і допустимий робочий тиск.

Для індивідуального регулювання тепловіддачі опалювальних приладів застосовують терморегулятори або термодіафрагми. Ручне регулювання виконується кранами і вентилями.

Додаткові системи опалення

Поряд з водяним опаленням розглядаються парове, повітряне, променеве, інфрачервоне та електричне опалення. У паровій системі теплота передається при конденсації водяної пари в нагрівальних приладах. Повітряна система використовує нагріте повітря як теплоносіє і застосовується, зокрема, у великих приміщеннях.

Променеве опалення передає значну частину теплоти випромінюванням від нагрітих панелей або поверхонь. Інфрачервоні обігрівачі використовують нагріте тіло і рефлектор. При електричному опаленні електрична енергія перетворюється безпосередньо в теплову в електроконвекторах, калориферах, панелях, підлогах та інших приладах.

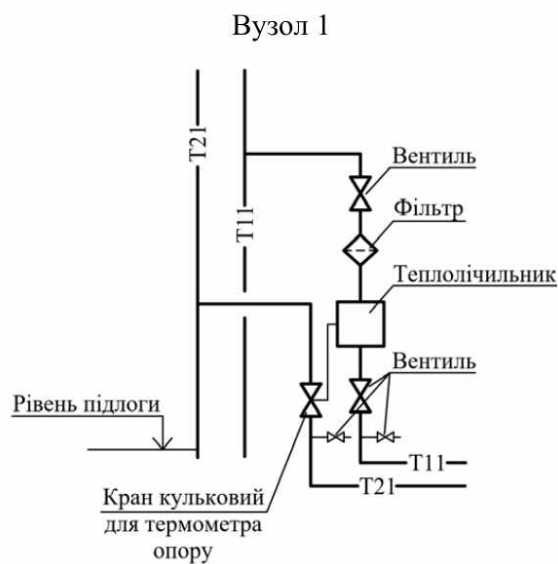
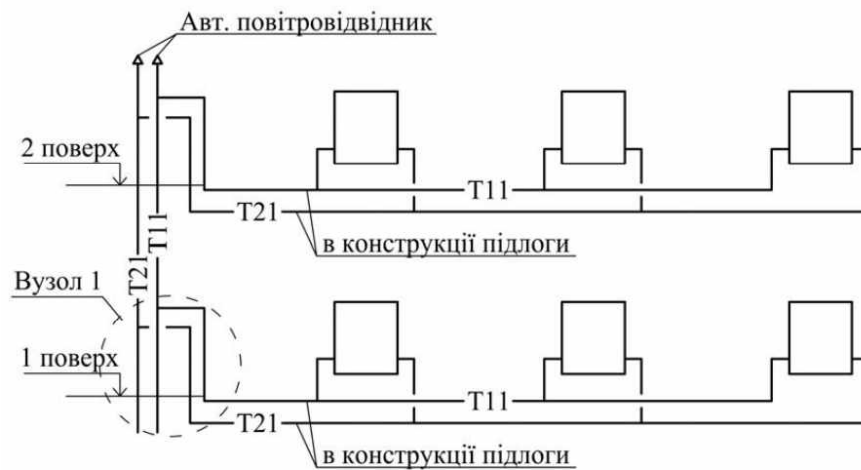


Рис. 2.3. Поквартирна розводка двотрубної системи водяного опалення

У двотрубній системі кожний опалювальний прилад приєднаний до подавального і зворотного трубопроводів. Це створює кращі умови для індивідуального регулювання тепловіддачі приладів і гідравлічного балансування системи. Поквартирна горизонтальна розводка спрощує облік і регулювання споживання теплоти окремою квартирою.

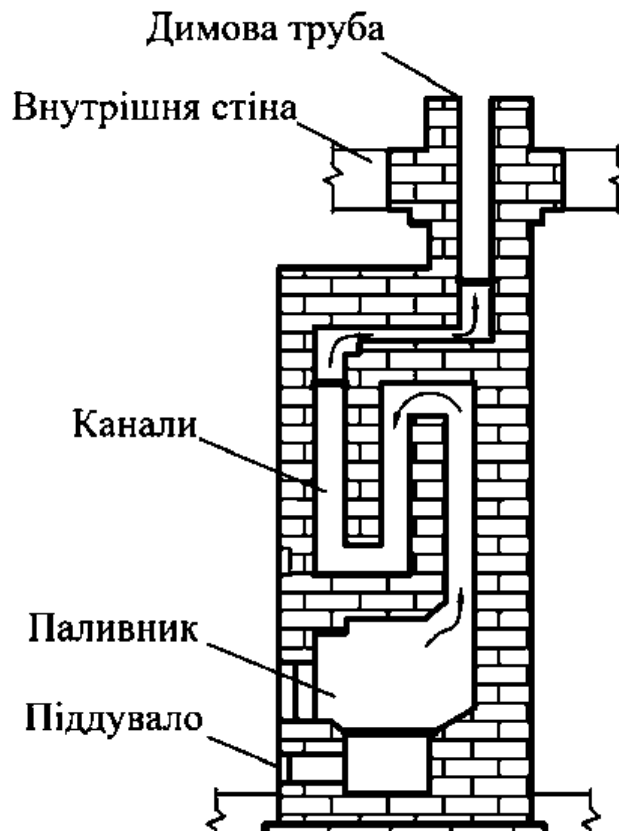


Рис. 2.4. Принципова будова опалювальної печі як місцевого джерела теплоти

Місцеве опалення відрізняється тим, що генератор теплоти, канали передавання теплоти та тепловіддавальна поверхня фактично зосереджені в одному пристрої або в межах однієї будівлі. До такого виду належить пічне опалення, яке сьогодні має обмежену сферу застосування, але є наочним прикладом локального утворення і передачі теплоти.

Практичний зв'язок теплопостачання й опалення

Система теплопостачання доставляє енергію до межі будівлі або теплового пункту, а система опалення перетворює цю енергію на тепловий потік у приміщенні. Тому правильний підбір джерела, температурного графіка, діаметрів труб, насосів і опалювальних приладів розглядається як єдиний інженерний процес. Недостатній гідравлічний режим мережі призводить до дефіциту теплоносія у віддалених приладах, а надмірний — до шуму, перевитрат електроенергії та складності регулювання.

РОЗШИРЕНИЙ ТЕОРЕТИЧНИЙ МАТЕРІАЛ

2.5. Баланс теплоти будівлі та роль опалення

Опалення компенсує втрати теплоти приміщення у холодний період і підтримує потрібний тепловий режим. Втрати виникають через огорожувальні конструкції,

повітрообмін, нещільності та інші шляхи теплообміну. Тепловий потік від опалювального приладу передається повітрю конвекцією і навколишнім поверхням випромінюванням. Комфорт визначається не лише показом термометра, а й температурою внутрішніх поверхонь, розподілом повітря та розміщенням приладу. [4, с. 113–124]

Для якісного розуміння теплопотреби необхідно розрізняти **теплове навантаження** (Вт або кВт), **витрату теплоносія** (кг/с або кг/год) і **температурний графік** (температури води у подавальному та зворотному трубопроводах). Теплове навантаження характеризує потребу будівлі, витрата — обсяг потоку, яким транспортують енергію, а графік — температурний потенціал. При тому самому тепловому навантаженні зменшення перепаду температур вимагає збільшення витрати теплоносія. [4, с. 95–102; 5, с. 275–278]

Теплота, що переноситься водою, принципово описується залежністю $Q = G \cdot c \cdot (t_1 - t_2)$, де Q — теплова потужність, G — масова витрата води, c — питома теплоємність, t_1 і t_2 — температури подавання та повернення. Це співвідношення пояснює зв'язок між джерелом, трубопроводами та опалювальними приладами. У практичній роботі добір конкретного приладу виконується за окремим алгоритмом; на лекції важливо засвоїти фізичний зміст формули й одиниці величин. [4, с. 95–97, 113–125]

2.6. Передавання теплоти у внутрішній системі

Система водяного опалення утворює замкнений або підживлюваний контур, де нагріта вода надходить до опалювальних приладів, віддає теплоту й повертається на повторний нагрів. Для збереження розрахункового режиму потрібні циркуляційний напір, регулювання витрати, видалення повітря і компенсація температурного розширення води. За насосної циркуляції переміщення забезпечує циркуляційний насос; природна циркуляція зумовлена різницею густини нагрітої та охолодженої води. [4, с. 113–121]

В однотрубній мережі вода послідовно проходить через вузли приладів і поступово охолоджується, тому умови роботи окремих приладів не однакові. У двотрубній системі до кожного приладу прокладають окремі подавальну та зворотну лінії, що полегшує індивідуальне регулювання. Вертикальна структура прив'язана до стояків, горизонтальна — до поверхових або квартирних контурів. Конкретну схему вибирають з урахуванням планування, режиму регулювання, балансу потоків і можливості обліку. [4, с. 113–121]

Гідравлічне балансування потрібне, оскільки вода прагне проходити ділянками з меншим опором. За відсутності належного регулювання ближні до

насоса гілки можуть одержувати більшу витрату, а віддалені — недостатню. Термостатичний клапан реагує на зміну потреби приміщення, балансувальна арматура налаштовує розподіл витрати між гілками. Під час роботи необхідно розрізняти регулювання температури теплоносія і регулювання витрати через окремий прилад. [4, с. 121–128]

2.7. Опалювальні прилади та передача теплоти

Опалювальні прилади відрізняються конструкцією, матеріалом, частками конвекційної та променевої тепловіддачі, водомісткістю й інерційністю. Радіатори мають секційне або панельне виконання; конвектори посилюють теплообмін із повітрям завдяки ребристим поверхням. Температура води, розмір приладу, схема підключення та умови встановлення впливають на реальну тепловіддачу. Паспортну потужність не слід безпосередньо переносити на інші температурні режими без перевірки. [4, с. 119–127]

Розміщення приладу під світлопрозорим огороженням сприяє протидії низхідному холодному потоку біля вікна. Ніші, декоративні екрани та щільне закриття поверхонь змінюють конвективний рух і фактичну тепловіддачу. Тому до підбору приладу належать не тільки теплова потужність, а й монтажна довжина, висота, відстані до конструкцій, доступ до арматури та можливість видалення повітря. [4, с. 120–127]

Підлогове опалення віддає теплоту великою площею з порівняно невеликою температурою поверхні. На відміну від локально встановленого радіатора, воно створює інший вертикальний розподіл температури: більше теплоти передається нижній зоні приміщення. Будова підлогового контуру включає основу, теплоізоляцію, трубопровідний нагрівальний елемент, розподільний шар і чистове покриття. Теплові характеристики покриття та можливість деформацій повинні враховуватися ще до монтажу. [4, с. 126–128]

2.8. Робота теплового пункту й енергетична ефективність

У тепловому пункті здійснюється узгодження параметрів зовнішньої тепломережі та внутрішніх споживачів: приймання, вимірювання, регулювання, розподіл і за потреби передавання теплоти через теплообмінник. Індивідуальний тепловий пункт обслуговує окрему будівлю, центральний — групу об'єктів. Вузол обліку показує фактичне споживання теплоти, але сам по собі не усуває втрат у мережі чи приміщеннях. [4, с. 94–105]

Втрати теплоти в тепломережі залежать від протяжності труб, температурного режиму й стану ізоляції. Компенсатори сприймають подовження труб, опори

забезпечують проектне положення, а запірна арматура дає змогу ізолювати ділянку для ремонту. Прокладання в каналах чи безканалним способом обирають відповідно до будівельних умов; для обох варіантів принциповими залишаються захист труб, дренаж і ремонтпридатність. [4, с. 103–112]

Енергоефективність внутрішнього опалення залежить від узгодження навантаження і подавання теплоти. Коли зовнішня температура підвищується, потреба приміщення у теплоті зменшується; за незмінного подавання можливий перегрів. Регулювання за зовнішньою температурою і локальні регулятори зменшують таку невідповідність. Питання конструктивного розрахунку контурів і добору арматури відпрацьовуються окремо, тому тут зберігається увага на принципі роботи системи. [4, с. 113–128]

Таблиця 2.1. Ознаки основних систем опалення

Ознака	Варіант 1	Варіант 2	Практичне значення
Розподіл теплоносія	Однотрубна	Двотрубна	Послідовний або паралельний зв'язок приладів
Розміщення труб	Вертикальна	Горизонтальна	Прив'язка до стояків або поверхових контурів
Рухлива сила	Природна циркуляція	Насосна циркуляція	Різниця густини або робота насоса
Спосіб тепловіддачі	Радіаторна	Поверхнева (підлогова)	Локальна або розподілена нагрівальна поверхня

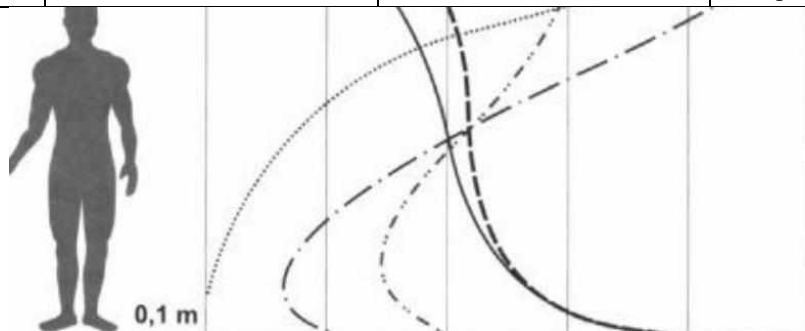


Рисунок 2.5 — Порівняння вертикального розподілу температур за радіаторного та підлогового опалення (Пономарчук, Анохіна, 2020, с. 25, рис. 4.7).

Навчальні акценти. Матеріал цього розділу пояснює принципи роботи та взаємозв'язок елементів систем. Поглиблений добір конструкцій, окремі технологічні карти й числові розрахунки виконуються за відповідними темами самостійної роботи та практичними завданнями згідно з РНП.

Навчальна література до лекції: [4, с. 94–128; 5, с. 275–278]; Пономарчук, Анохіна (2020), с. 17–26

Висновки

- теплопостачання охоплює виробництво, транспортування, розподіл і використання теплоти;
- основними джерелами централізованого теплопостачання є ТЕЦ і котельні, а для окремих будівель застосовують місцеві та дахові котельні;
- тепловий пункт забезпечує приймання, регулювання, розподіл та облік теплоносія;
- теплові мережі мають компенсувати температурні подовження труб і забезпечувати допустимі гідравлічні втрати;
- системи водяного опалення можуть бути однотрубними або двотрубними, вертикальними чи горизонтальними, з різними способами циркуляції та регулювання.

Питання для самоконтролю

1. Що включає поняття системи теплопостачання?
2. За якими ознаками класифікують системи теплопостачання?
3. Чим відрізняються ІТП і ЦТП?
4. Які способи прокладання теплових мереж застосовують?
5. Для чого потрібні компенсатори температурних подовжень?
6. Чим однотрубна система опалення відрізняється від двотрубною?
7. Які основні вимоги висуваються до опалювальних приладів?

Лекція 3. Вентиляція та кондиціонування будівель. Природна і механічна вентиляція. Повітрообмін. Повітроводи та вентиляційне обладнання

Обсяг: 2 год.

Мета лекції. сформувати знання про параметри повітряного середовища, принципи визначення повітрообміну, побудову природних і механічних систем вентиляції, аеродинамічний розрахунок мереж та основні процеси кондиціонування повітря.

План лекції

1. Параметри внутрішнього і зовнішнього повітря.
2. Класифікація систем вентиляції.
3. Надходження теплоти, вологи та забруднень.
4. Визначення повітрообміну.
5. Організація подачі та видалення повітря.
6. Аеродинамічний розрахунок повітропроводів і балансування мереж.
7. Вентиляційне обладнання.
8. Системи та процеси кондиціонування повітря.

3.1. Вентиляція та параметри повітряного середовища

Призначення вентиляції та кондиціонування

Вентиляція та кондиціонування у джерелах розглядаються як засоби формування необхідного повітряного середовища в будівлях. Навчальний матеріал визначає їх як сукупність заходів, пристроїв і обладнання для забезпечення потрібної температури, якості повітря та розрахункового повітрообміну. Навчальний матеріал формулює мету як забезпечення параметрів повітряного середовища, необхідних для життя та діяльності людини.

Повітряний режим будівлі — це процеси обміну повітрям між зовнішнім середовищем, приміщеннями будівлі та окремими зонами. Природний рух повітря формується під дією гравітаційного та вітрового тиску, а механічний — вентиляторами.

Склад і вологість повітря

Сухе атмосферне повітря в джерелі розглядається як суміш переважно азоту і кисню з невеликими домішками інших газів. Реальне повітря містить водяну пару, тому в розрахунках вентиляції та кондиціонування використовується поняття вологого повітря.

Абсолютна вологість характеризує масу водяної пари в одиниці об'єму повітря. Відносна вологість показує ступінь наближення вмісту водяної пари до насичення за тієї самої температури. У навчальному матеріалі відносна вологість подана як відношення фактичної концентрації водяної пари до концентрації насиченої пари, виражене у відсотках.

Для приміщень параметри температури, вологості та швидкості повітря нормуються. розрізняються оптимальні й допустимі параметри. Оптимальні відповідають умовам теплового комфорту без напруження механізмів терморегуляції; допустимі не повинні призводити до порушення здоров'я, хоча можуть викликати тимчасовий дискомфорт.

Робоча зона і шкідливі речовини

Якість повітря виробничих приміщень оцінюють у робочій зоні. Навчальний матеріал описує її як умовний об'єм над підлогою в зоні постійного або тимчасового перебування людей. Для шкідливих речовин використовується показник гранично допустимої концентрації.

За ступенем впливу на організм шкідливі речовини в джерелі поділені на чотири класи небезпечності. Окремо враховується сумісна дія декількох речовин. Якщо речовини мають однонаправлену дію, сума відношень фактичних концентрацій до відповідних ГДК не повинна перевищувати одиницю.

Основні шкідливості та завдання вентиляції

До факторів, з якими повинна боротися вентиляція, навчальний матеріал відносить надлишкову теплоту, надлишкову вологу, гази й пари хімічних речовин, пил, мікроорганізми та інші забруднення. Вентиляція має забезпечити видалення забрудненого повітря і подачу достатньої кількості чистого.

Навчальний матеріал наголошує на зв'язку систем вентиляції з енергоефективністю будівель. Підвищення герметичності огорожень зменшує неконтрольований повітрообмін, тому забезпечення потрібної якості внутрішнього повітря дедалі частіше покладається на організовані механічні системи. Одночасно вентиляція є суттєвим споживачем теплової та електричної енергії.

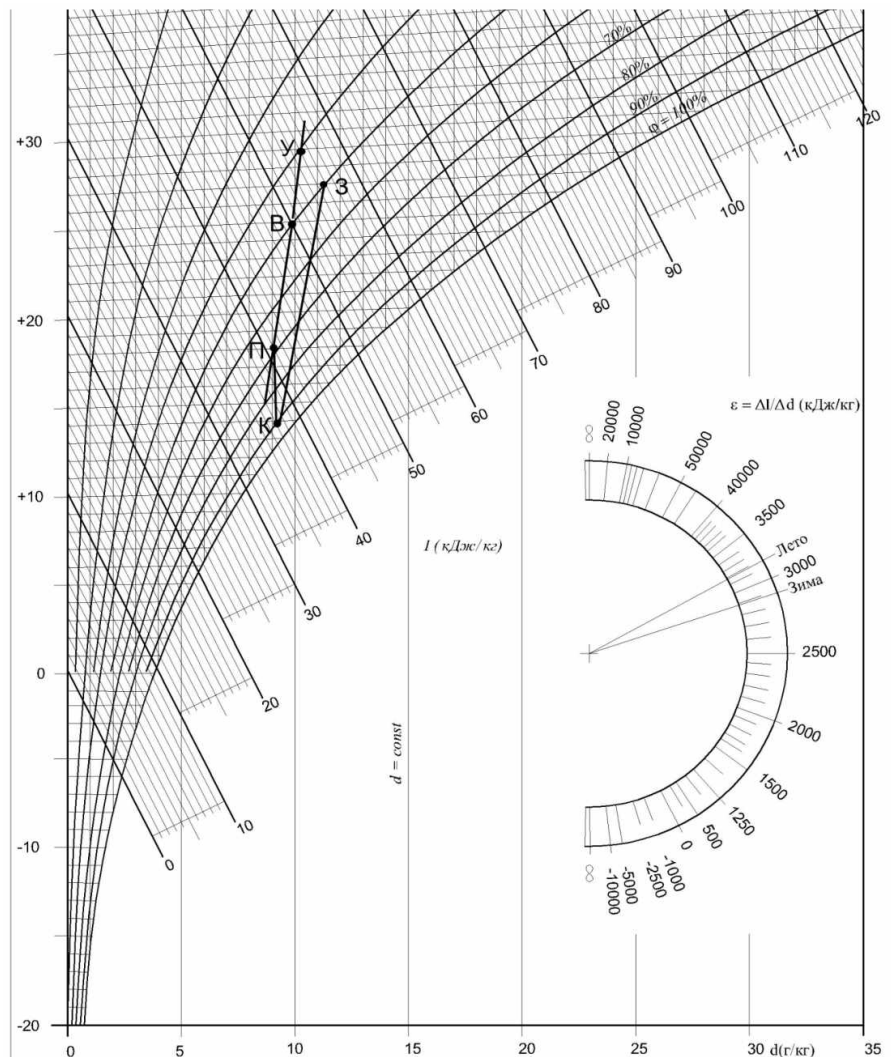
Класифікація вентиляційних систем

За способом спонукання руху повітря системи поділяють на природні й механічні. За напрямком руху — на припливні та витяжні. За зоною дії — на загальнообмінні й місцеві. У практичних схемах ці ознаки поєднуються: наприклад, система може бути механічною припливною загальнообмінною або місцевою витяжною.

Природна вентиляція використовує різницю температур і вітровий тиск. Механічна створює рух повітря вентиляторами, дає змогу очищати, нагрівати, охолоджувати або іншим чином обробляти повітря перед подачею.

Параметр	Фізичний зміст	Значення для мікроклімату
Температура повітря	Характеризує тепловий стан повітря	Визначає тепловий комфорт та теплове навантаження
Відносна вологість	Відношення фактичного вмісту водяної пари до максимально можливого при цій температурі	Впливає на тепловідчуття, конденсацію та стан огорожень
Швидкість руху	Інтенсивність переміщення повітря у приміщенні	Впливає на тепловіддачу людини і відчуття протягу
Чистота повітря	Вміст пилу, газів, аерозолів та інших домішок	Визначає санітарний стан повітряного середовища

Для аналізу стану вологого повітря одночасно враховують температуру, вологовміст, відносну вологість та ентальпію. Взаємозв'язок цих параметрів наочно відображається на i-d діаграмі, яку використовують під час розгляду процесів нагрівання, охолодження, зволоження й осушення повітря.



3.2. Визначення повітрообміну та організація повітророзподілу

Повітрообмін як основний розрахунковий показник

Повітрообмін — це кількість повітря, яку необхідно подати в приміщення і видалити з нього за одиницю часу для підтримання заданих параметрів. У джерелах його визначають залежно від домінуючої шкідливості: надлишкової теплоти, вологи, газів, пилу або необхідної кратності обміну.

Навчальний матеріал перед розрахунком повітрообміну розглядає надходження теплоти й вологи в приміщення. Джерелами теплоти можуть бути люди, освітлення, обладнання, сонячна радіація та інші тепловиділення, визначені в розрахунку. Джерелами вологи є люди та технологічні процеси.

При розрахунку за надлишками теплоти кількість припливного повітря повинна бути достатньою, щоб сприйняти надлишковий тепловий потік без перевищення заданих температурних параметрів. При розрахунку за вологою — щоб видалити надлишок водяної пари. При наявності газових домішок повітрообмін визначають виходячи з їх допустимої концентрації.

Кратність повітрообміну

Кратність повітрообміну характеризує, скільки разів за годину об'єм повітря, що подається або видаляється, відповідає внутрішньому об'єму приміщення. Цей показник застосовують у випадках, коли нормативні вимоги задають обмін через кратність, а не безпосередню витрату.

Після визначення витрати повітря для окремих приміщень складають повітряний баланс системи. Приплив і витяжка мають бути взаємно узгоджені з урахуванням призначення приміщень і необхідного напрямку перетікання повітря.

Організація подачі та видалення повітря

Розподіл повітря у приміщенні має забезпечувати надходження чистого повітря до обслуговуваної зони та видалення забрудненого. Навчальний матеріал розглядає схеми подачі повітря у верхню або нижню зону, а також різні напрями припливних струмин. Вибір схеми залежить від висоти, геометрії та призначення приміщення, розташування джерел теплоти й шкідливих речовин.

Припливні струмини, виходячи з решіток або дифузорів, взаємодіють з повітрям приміщення. У розрахунку враховують швидкість струмини, її дальність, зміну температури по довжині та розширення. Завдання полягає в тому, щоб у робочій зоні швидкість і температура повітря залишалися в допустимих межах.

Природна вентиляція житлових будівель

Для природної вентиляції рух повітря виникає через гравітаційний і вітровий тиск. Видалення повітря організовують через вертикальні канали, а приплив відбувається через спеціальні припливні пристрої або нещільності огорожень, якщо це передбачено схемою. Ефективність природної вентиляції залежить від різниці температур, висоти каналу та аеродинамічного опору тракту.

Розрахунок природної системи пов'язаний з визначенням необхідної витрати повітря та перевіркою того, чи достатній природний перепад тиску для подолання втрат у решітках, каналах і місцевих опорах. Цей алгоритм надалі використовується у практичних роботах курсу.

$$n = L / V \quad (3.1)$$

де:

n – кратність повітрообміну, 1/год;

L – об'ємна витрата припливного або витяжного повітря, м³/год;

V – внутрішній об'єм приміщення, м³;

Кратність показує, скільки умовних об'ємів приміщення проходить через систему протягом години. Вона не замінює повноцінний розрахунок за надлишками теплоти, вологи або шкідливих речовин, але є зручним показником для приміщень, де нормативна вимога задається саме кратністю.

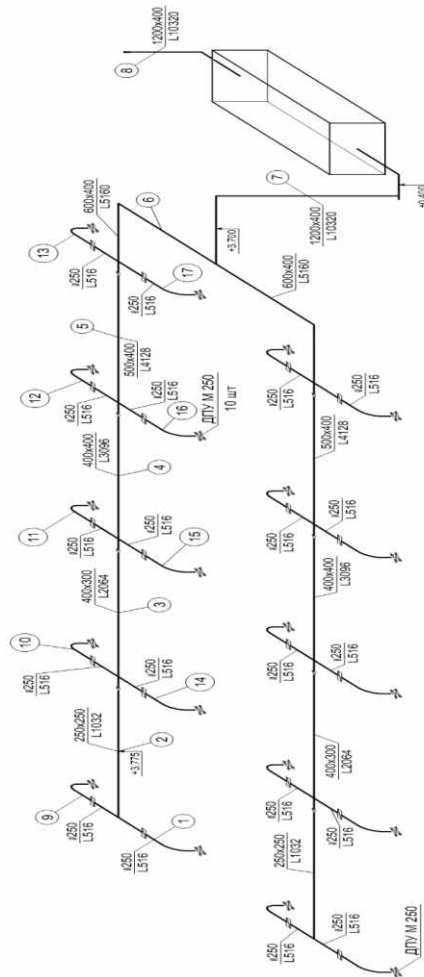


Рис. 3.2. Приклад просторової схеми вентиляційної мережі

Розподіл повітря повинен забезпечити надходження припливного повітря в обслуговувану зону і організоване видалення забрудненого повітря. Розташування припливних і витяжних отворів визначає траєкторію струмин та характер перемішування. Для приміщень з локальними джерелами забруднення ефективним є видалення повітря безпосередньо біля джерела.

3.3. Аеродинамічний розрахунок і вентиляційне обладнання

Мета аеродинамічного розрахунку

Аеродинамічний розрахунок вентиляційної мережі потрібний для визначення розмірів повітропроводів і втрат тиску на шляху руху повітря. Навчальний матеріал розглядає формування розрахункової моделі мережі, балансування та підбір вентиляційного обладнання.

Перед розрахунком система поділяється на ділянки, у межах яких витрата повітря і геометричні характеристики залишаються сталими. Для кожної ділянки задаються довжина, витрата, поперечний переріз, а також місцеві опори — повороти, трійники, переходи, решітки, клапани та обладнання.

Втрати тиску

Повний опір вентиляційної мережі складається з лінійних втрат на тертя в повітропроводах і місцевих втрат. Лінійні втрати залежать від довжини ділянки, швидкості повітря, гідравлічного діаметра та стану внутрішньої поверхні. Місцеві — від геометрії фасонних частин та обладнання.

У розгалуженій мережі розрахунковим є найбільш несприятливий напрямок від вентилятора до найбільш віддаленого повітророзподільного або витяжного пристрою. Після визначення втрат у цьому напрямку інші гілки необхідно збалансувати так, щоб витрати повітря відповідали розрахунковим.

Повітропроводи

Повітропроводи утворюють мережу для транспортування припливного або витяжного повітря. Джерела розглядають круглі й прямокутні перерізи. Розміри обирають з урахуванням розрахункової витрати, допустимої швидкості, шуму, втрат тиску та можливостей розміщення у будівлі.

Для зміни напрямку та перерізу мережі застосовують відводи, переходи, трійники й інші фасонні частини. Чим різкіша зміна напрямку або перерізу, тим більшими є місцеві втрати тиску, що враховується в аеродинамічному розрахунку.

Вентилятори та інше обладнання

Вентилятор створює перепад тиску, необхідний для переміщення розрахункової витрати повітря через мережу. Підбір вентилятора виконують за двома основними параметрами: подачею повітря та тиском, який повинен компенсувати опір мережі.

Поряд із вентиляторами до складу механічної системи можуть входити фільтри, повітронагрівачі, повітроохолоджувачі, шумоглушники, клапани, решітки, дифузори та інші елементи. Кожен з них створює додатковий опір і повинен бути врахований у загальному балансі тиску.

Навчальний матеріал окремо наголошує на балансуванні мережі. Воно потрібне для того, щоб фактичний розподіл повітря між гілками відповідав розрахунковому. Балансування здійснюється зміною опорів гілок за допомогою регульовальних пристроїв або коригуванням геометрії мережі.

Послідовність розрахунку

сформувати схему мережі та визначити розрахункові витрати повітря;

розділити мережу на ділянки з постійною витратою;

призначити попередні розміри повітропроводів і визначити швидкості;

обчислити лінійні та місцеві втрати тиску;

визначити сумарний опір найбільш несприятливого напрямку;

збалансувати паралельні гілки;

за витратою і потрібним тиском підібрати вентилятор та інше обладнання.

$$\Delta P = \Sigma(R \cdot l) + \Sigma(\zeta \cdot \rho v^2 / 2) \quad (3.2)$$

де:

ΔP – сумарні втрати тиску в розрахунковому напрямку, Па;

R – питомі втрати тиску на тертя, Па/м;

l – довжина ділянки повітропроводу, м;

ζ – коефіцієнт місцевого опору;

ρ – густина повітря, кг/м³;

v – швидкість повітря, м/с;

У мережі з декількома відгалуженнями визначають найбільш несприятливий шлях, для якого сумарні втрати тиску найбільші. Вентилятор повинен забезпечити розрахункову витрату при тиску, достатньому для подолання опору цього напрямку. Інші паралельні гілки балансують регульовальними пристроями або зміною опору.

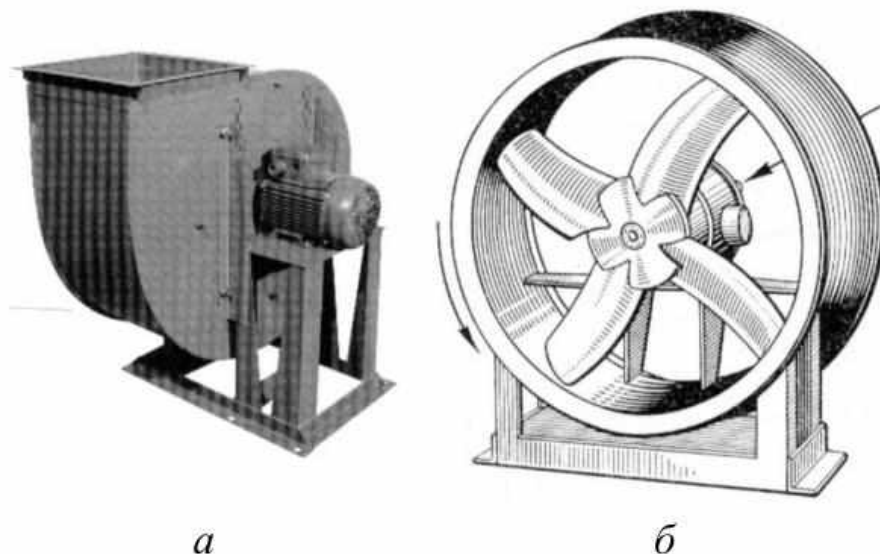


Рис. 3.3. Відцентровий та осьовий вентилятори

Відцентровий вентилятор переміщує повітря від центра робочого колеса до його периферії та створює підвищення тиску в спіральному корпусі. Осьовий вентилятор переміщує повітря переважно вздовж осі обертання робочого колеса. Вибір типу залежить від потрібної подачі, тиску, конструкції системи та умов розміщення.

3.4. Кондиціювання повітря

Призначення кондиціювання повітря

Кондиціювання повітря призначене для підтримання заданого комплексу параметрів повітряного середовища незалежно від зовнішніх умов і внутрішніх тепловологісних навантажень. На відміну від вентиляції, система кондиціювання може не тільки забезпечувати повітрообмін, а й цілеспрямовано нагрівати, охолоджувати, зволожувати, осушувати та очищувати повітря.

Класифікація систем кондиціювання

У навчальному матеріалі системи кондиціювання класифікуються за призначенням на комфортні, технологічні та комфортно-технологічні. Комфортні системи створюють умови для людей; технологічні — параметри, потрібні для виробничих процесів; комбіновані повинні одночасно задовольняти обидві групи вимог.

У центральній системі повітря обробляється в одному центральному кондиціонері й розподіляється повітропроводами. У місцевій системі кондиціонер розташований безпосередньо в обслуговуваному приміщенні або поблизу нього. Автономний кондиціонер має власну холодильну машину, тоді як неавтономний одержує тепло або холод від централізованого джерела.

Процеси обробки повітря

Навчальний матеріал детально розглядає процеси нагрівання та охолодження вологого повітря, а також зміни його вологовмісту. При нагріванні без додавання вологи температура зростає, а відносна вологість зменшується. При охолодженні до температури нижче точки роси частина водяної пари конденсується, тому одночасно відбувається охолодження й осушення.

Для зволоження повітря застосовується контакт з водою або подача водяної пари. У зрошувальній камері кондиціонера повітря контактує з розпиленою водою і змінює температуру та вологовміст залежно від температури води й режиму процесу.

Прямоточний кондиціонер

Принципова схема прямоточної системи в джерелі включає повітрязабірний пристрій, клапан, фільтр, повітрянагрівач, зрошувальну камеру, другий повітрянагрівач, вентилятор і мережу повітропроводів. У теплий період зовнішнє повітря очищується, охолоджується й осушується, після чого подається в приміщення. У холодний період воно очищується, нагрівається та за необхідності зволожується.

Продуктивність кондиціонера за повітрям визначають за кількістю теплоти, яку треба видалити або компенсувати, та різницею ентальпій припливного й видаленого повітря. Навчальний матеріал наводить розрахунок повітряної продуктивності і холодопродуктивності на основі ентальпії вологого повітря.

Рециркуляція та енергозбереження

У прямоточній системі відпрацьоване повітря видаляється назовні. У рециркуляційній частина або весь об'єм повітря після очищення та підготовки повторно використовується. Навчальний матеріал окремо розглядає заходи енергозбереження в системах кондиціонування, зокрема використання рециркуляції та повторне використання енергетичного потенціалу видаленого повітря за відповідних умов.

Таким чином, система кондиціонування поєднує транспорт повітря з його тепловологісною і санітарною обробкою. Її розрахунок пов'язує повітряний баланс, теплове навантаження, вологовиділення та характеристику обладнання.

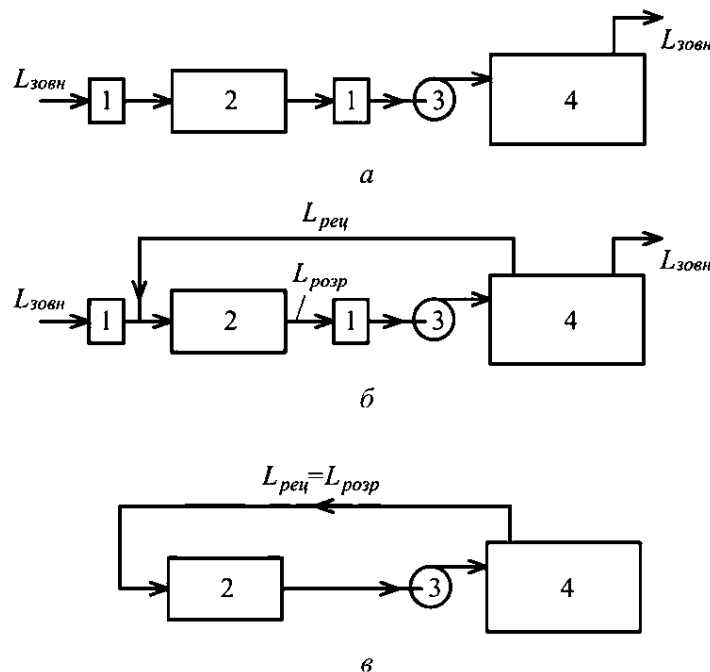


Рис. 3.4. Принципові схеми обробки та рециркуляції повітря у системах кондиціонування

У прямоточній системі зовнішнє повітря після обробки подається до приміщення, а видалене повітря викидається назовні. У рециркуляційній схемі частина видаленого повітря повертається до системи, змішується із зовнішнім і повторно проходить обробку. Такий підхід дає змогу зменшити витрати енергії на нагрівання або охолодження, якщо це допускається умовами використання приміщення.

Під час охолодження повітря до температури нижче точки роси на поверхні охолоджувача конденсується частина водяної пари. Тому охолодження може супроводжуватися осушенням. Під час нагрівання без додавання вологи абсолютний вміст вологи практично не змінюється, а відносна вологість зменшується.

РОЗШИРЕНИЙ ТЕОРЕТИЧНИЙ МАТЕРІАЛ

3.5. Повітря як робоче середовище вентиляції

Вентиляція забезпечує організований повітрообмін, тобто надходження зовнішнього або підготовленого повітря та видалення повітря з приміщення. **Кондиціонування** додатково підтримує задані характеристики повітря за допомогою тепловологісної обробки. У розрахунках розрізняють суху температуру, відносну вологість, вологовміст, ентальпію та швидкість руху повітря. Один параметр не описує весь мікроклімат: наприклад, однаковій температурі можуть відповідати різні відчуття через відмінну вологість та швидкість. [3, с. 6–16; 4, с. 153–156]

Надлишкова теплота надходить у приміщення від людей, обладнання, освітлення та сонячного випромінювання. Джерелами вологи є перебування людей, технологічні процеси й відкриті водні поверхні; забруднення можуть мати газоподібну або аерозольну форму. На підставі основного чинника обирають розрахунковий повітрообмін. Отже, мета вентиляції — не просто «змінити певний об'єм повітря», а асимілювати або видалити конкретні надходження з підтриманням потрібних параметрів. [3, с. 16–24]

Кратність повітрообміну $n = L / V$, де L — об'ємна витрата повітря, м³/год, V — об'єм приміщення, м³. Кратність показує відношення кількості повітря, що проходить за годину, до об'єму приміщення; вона не гарантує сама по собі рівномірності очищення всіх зон. Ефективність також залежить від розташування припливних і витяжних пристроїв, наявності застійних зон та напрямку руху повітря. [3, с. 16–24; 4, с. 158–160]

3.6. Рушійні сили природної вентиляції та механічний привід

За природної вентиляції різниця температур і густини внутрішнього та зовнішнього повітря створює гравітаційний напір, а вітер змінює тиск на фасадах. Рушійна сила залежить від погоди та геометрії каналів, тому продуктивність такої системи змінюється протягом року. Лише наявність каналу не доводить достатність повітрообміну; потрібна також організована подача припливного повітря і безперешкодне проходження потоку до витяжки. [4, с. 156–159]

Механічна вентиляція використовує вентилятор і здатна забезпечувати задану витрату у ширшому діапазоні зовнішніх умов. Припливна система подає підготовлене повітря, витяжна видаляє, припливно-витяжна поєднує обидва процеси. Загальнообмінні схеми працюють із об'ємом приміщення, місцеві — із джерелом виділень. Принципову схему добирають за характером забруднення, функцією приміщення та потребою у керованому повітрообміні. [4, с. 156–162]

Механічна схема включає повітрозабірний пристрій, клапан, фільтр, калорифер або охолоджувач, вентилятор, повітропроводи та кінцеві пристрої. Не кожна установка має всі ці блоки: їх склад визначається функцією системи. Витяжний вентилятор, наприклад, не замінює фільтра чи джерела припливу. Важливо чітко називати призначення кожної ланки, інакше подальші розрахунки витрати та тиску втрачають фізичний зміст. [3, с. 30–44, 58–68]

3.7. Логіка перенесення повітря та втрат тиску

Повітропровід пов'язує обладнання з приміщенням. Для однакової витрати швидкість збільшується зі зменшення площі живого перерізу: $L = 3600 \cdot v \cdot A$, де L — м³/год, v — м/с, A — м². Збільшення швидкості може зменшити габарити каналу, але зростають аеродинамічний опір і ймовірність шуму. Круглий переріз часто сприятливий за втратами тиску, прямокутний — за компонуванням у обмеженому просторі. [4, с. 168–171; 3, с. 58–68]

Втрати тиску складаються з втрат на тертя по довжині каналу й місцевих втрат у відводах, трійниках, клапанах та кінцевих пристроях. Розгалужена мережа має головний розрахунковий напрямок і відгалуження. Вентилятор підбирають так, щоб його характеристика узгоджувалася з характеристикою системи; сам лише паспортний показник витрати без необхідного напору не визначає працездатності установки. [3, с. 58–68]

Вентиляційна мережа потребує **балансування**: ближні та віддалені відгалуження мають різні опори, тому без регулювання поділ повітря може відрізнятись від проєктного. Після встановлення перевіряють фактичні витрати й положення регулювальних пристроїв. Детальне складання розрахункової таблиці та

добір вентилятора винесені до самостійної роботи; на лекції необхідно зрозуміти причинно-наслідковий зв'язок між трасою, опором і витратою. [3, с. 58–68]

3.8. Кондиціонування, рециркуляція та енергозбереження

Нагрівання повітря підвищує його температуру, але без додавання вологи абсолютний вміст водяної пари залишається практично незмінним. Під час охолодження нижче точки роси частина вологи конденсується, отже, процес може одночасно охолоджувати й осушувати повітря. Зволоження, змішування потоків і повторне нагрівання є окремими операціями підготовки повітря; їх описують через параметри стану на I–d діаграмі. [3, с. 25–44]

У **прямоточній** системі вся потрібна кількість повітря надходить ззовні, а використане повітря видаляється. За **рециркуляції** частина видаленого повітря після допустимої обробки знову надходить до установки. Рециркуляція може зменшити енергетичне навантаження, але можливість її застосування визначається вимогами до чистоти повітря і характером забруднень. Рекуперація теплоти відрізняється від рециркуляції: енергія передається між потоками без обов'язкового змішування самого повітря. [3, с. 30–44]

Для експлуатації установки важливо одночасно оцінювати витрату зовнішнього повітря, стан фільтрів, захист нагрівача від замерзання, відведення конденсату, шум і доступність обслуговування. Погіршення стану фільтра збільшує опір, що може змінити фактичний повітрообмін. Тому система кондиціонування — це не тільки холодильна чи нагрівальна машина, а весь комплекс підготовки й транспортування повітря. [3, с. 6–11, 30–44, 65–68]

Таблиця 3.1. Вентиляція та кондиціонування: призначення ланок

Елемент	Основна функція	Що перевіряють
Повітрозабір	Зовнішній приплив	Розташування та захист
Фільтр	Видалення частинок	Забруднення та опір
Повітронагрівач / охолоджувач	Зміна теплового стану	Температурний режим
Вентилятор	Створення перепаду тиску	Витрата й тиск у робочій точці
Повітропровід	Транспортування	Переріз, герметичність, шум
Решітка / дифузор	Подача й розподіл	Рухливість повітря в зоні перебування



Рисунок 3.5 — Центральний кондиціонер із камерою змішування (за [3, с. 44], рис. 3.11).

Навчальні акценти. Матеріал цього розділу пояснює принципи роботи та взаємозв'язок елементів систем. Поглиблений добір конструкцій, окремі технологічні карти й числові розрахунки виконуються за відповідними темами самостійної роботи та практичними завданнями згідно з РНП.

Навчальна література до лекції: [3, с. 6–68; 4, с. 153–171]

Висновки

- вентиляція забезпечує необхідний повітрообмін та видалення надлишкової теплоти, вологи і забруднень;
- основними параметрами повітряного середовища є температура, вологість, швидкість руху та чистота повітря;
- повітрообмін визначають за домінуючим видом шкідливості або за нормативною кратністю;
- аеродинамічний розрахунок визначає розміри повітропроводів, швидкості та втрати тиску;
- кондиціонування включає нагрівання, охолодження, зволоження, осушення, очищення та організований розподіл повітря.

Питання для самоконтролю

1. Які параметри характеризують мікроклімат приміщення?
2. За якими ознаками класифікують системи вентиляції?
3. Що таке повітрообмін і кратність повітрообміну?
4. Від чого залежить робота природної вентиляції?

5. З яких складових формується опір вентиляційної мережі?
6. За якими параметрами підбирають вентилятор?
7. Які основні процеси обробки повітря виконуються у системі кондиціонування?

Лекція 4. Газопостачання будівель. Склад і властивості газів.

Зовнішні та внутрішні газопроводи. Газові прилади та облік газу
Обсяг: 2 год.

Мета лекції. сформувати уявлення про властивості газового палива, структуру зовнішніх і внутрішніх газових мереж, газорегуляторне обладнання, побутові газові прилади та принципи визначення розрахункових витрат газу.

План лекції

1. Призначення та класифікація систем газопостачання.
2. Склад і властивості природного газу.
3. Горіння та способи спалювання газу.
4. Зовнішні газові мережі та ступені тиску.
5. Газорегуляторні пункти й установки.
6. Внутрішні газопроводи будівель.
7. Газові прилади й облік газу.
8. Основи розрахунку витрат та діаметрів газопроводів.

4.1. Властивості газу та зовнішні газові мережі

Призначення систем газопостачання

Системи газопостачання призначені для транспортування та розподілу горючого газу між побутовими, комунально-побутовими й технологічними споживачами. Навчальний матеріал розрізняє природні й штучні горючі гази; у сучасних системах найбільш поширеним паливом у розглянутому навчальному матеріалі є природний газ.

За робочим тиском наведені газопроводи високого тиску I і II категорії, середнього та низького тиску. Газопроводи низького тиску використовують для житлових і громадських будівель та невеликих комунально-побутових споживачів.

Джерела і склад природного газу

У навчальному матеріалі природні гази поділено на гази чисто газових родовищ, супутні нафтові гази та гази газоконденсатних родовищ. Газ видобувається свердловинами й далі транспортується магістральними системами до районів споживання.

Основним горючим компонентом природного газу є метан; джерело також розглядає вуглеводні, баластні компоненти й домішки. Серед важливих властивостей названі густина, теплота згорання і температура горіння.

Горіння газу є процесом швидкого окиснення горючих компонентів киснем з виділенням теплоти. Для повного спалювання газ повинен бути змішаний з достатньою кількістю повітря. Розглядаються дифузійний, змішаний і кінетичний методи спалювання.

Оскільки природний газ не має достатньо вираженого природного запаху, для виявлення витоків його одорують. У навчальному матеріалі як приклад одоранту наведений етилмеркаптан.

Структура зовнішньої системи газопостачання

Система постачання природним газом включає газове родовище, магістральний газопровід, компресорні станції, газорозподільні станції, міські газопроводи різного тиску, газорегуляторні пункти й установки, відгалуження, вводи та внутрішні мережі будівель.

Магістральні газопроводи транспортують газ на великі відстані. Для підтримання потрібного тиску на трасі споруджуються компресорні станції, де газ стискується, очищується від механічних домішок і після компримування охолоджується. На підході до міста газ надходить на газорозподільну станцію, де вимірюється його кількість і знижується тиск.

Газорегуляторні пункти та установки призначені для зниження тиску й підтримання його на заданому рівні. Через них з'єднуються мережі різних ступенів тиску. Від розподільної мережі газ надходить по відгалуженню до будівлі, а далі — у внутрішній газопровід.

Трубопроводи й арматура зовнішніх мереж

Для газопроводів розглядаються сталеві та пластмасові труби. Сталеві підземні газопроводи з'єднують зварюванням; різьбові з'єднання під землею не застосовують, а фланцеві допускають у місцях арматури й компенсаторів. Повороти та відгалуження виконують фасонними частинами.

Для відключення ділянок використовують крани і засувки. На підземних газопроводах арматура може розміщуватись у колодязях. У місцях перетину доріг та інших перешкод розглядаються спеціальні конструктивні рішення, зокрема футляри.

Категорія газопроводу	Робочий тиск, наведений у навчальному матеріалі	Типове призначення
Високого тиску I категорії	$0,6 < p < 1,2$ МПа	Подача до великих ГРП та споживачів, яким потрібен високий тиск
Високого тиску II категорії	$0,3 < p < 0,6$ МПа	Живлення мереж нижчих ступенів тиску та окремих підприємств

Категорія газопроводу	Робочий тиск, наведений у навчальному матеріалі	Типове призначення
Середнього тиску	$0,005 < p < 0,3 \text{ МПа}$	Живлення розподільних мереж та споживачів через регуляторні установки
Низького тиску	$p \leq 0,005 \text{ МПа}$	Газопостачання житлових і громадських будівель та дрібних споживачів

Природний газ містить переважно метан, а також інші вуглеводні, баластні компоненти й домішки. Серед характеристик газу важливими є густина, теплота згоряння, межі займання та необхідна кількість повітря для повного згоряння. Газ, що подається споживачам, одорують для полегшення виявлення витоків.

За способом утворення газоповітряної суміші виділяють дифузійний, змішаний та кінетичний способи спалювання. У побутових пальниках поширене попереднє підсмоктування частини повітря у змішувач пальника з подальшим надходженням вторинного повітря безпосередньо до факела.

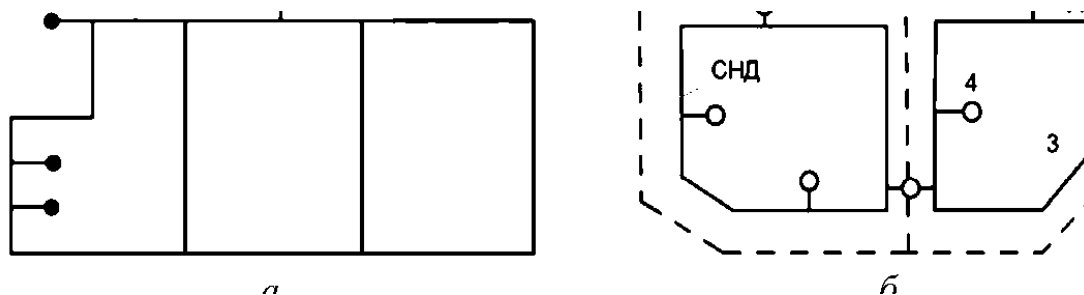
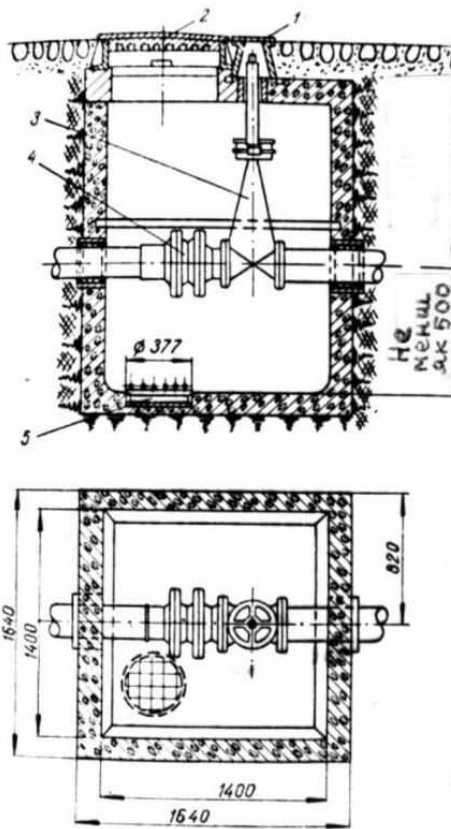


Рис. 4.1. Одно- та двоступінчаста побудова систем газопостачання населених місць

Зв'язок між мережами різного тиску забезпечують газорегуляторні пункти та установки. Вони знижують тиск до потрібного рівня і підтримують його в заданих межах. Багатоступінчаста система дає змогу транспортувати значні витрати газу мережами вищого тиску, а безпосередньо біля споживачів знижувати тиск до робочого.



ня запізобетонного колодязя для газу

Рис. 4.2. Варіанти розміщення запірної арматури зовнішньої газової мережі у колодязі

4.2. Внутрішні системи газопостачання будівель

Склад внутрішньої системи газопостачання

Внутрішня система газопостачання будівлі призначена для безперебійної подачі газу від зовнішньої мережі або іншого джерела до споживачів. За принциповою схемою джерела вона містить газовий ввід, розвідну магістраль, стояки, підводки, арматуру, газові лічильники та газові прилади.

Ввід є ділянкою газопроводу від зовнішньої розподільної мережі до запірного пристрою. У місці перетину будівельної конструкції трубопровід прокладають у захисному футлярі. Важливо, що необхідність доступності вводу для огляду.

Прокладання трубопроводів усередині будівлі

Розвідні газопроводи прокладають так, щоб вони були доступними для огляду, монтажу і ремонту. Прихована прокладка, допускається лише в обмежених випадках у борознах з можливістю доступу й вентиляції. Переходи стояків через перекриття виконують у гільзах.

Газопроводи кріплять до будівельних конструкцій хомутами, гачками, кронштейнами або підвісками. Основним способом з'єднання є зварювання;

різьбові та фланцеві з'єднання допускаються у місцях встановлення вимикаючих пристроїв, регуляторів, приладів і арматури.

Стояки під'єднують до горизонтальних розвідних трубопроводів. Не допускається їх прокладання через житлові приміщення, ванні кімнати та санітарні вузли; типовим місцем є кухні, коридори або сходові клітки. Підводки до газових приладів обладнують запірними кранами.

Газове обладнання

До обладнання внутрішньої системи джерело відносить трубопроводи, арматуру, лічильники та газові прилади. Газовий прилад використовує теплоту згоряння газу для приготування їжі, нагрівання води або опалення приміщення.

Побутові газові плити використовуються для приготування їжі. Водонагрівачі поділяються на проточні та ємнісні. Газові котли в навчальний матеріал розглядаються як джерела теплоти для опалення та, у двофункціональному виконанні, гарячого водопостачання. Котли можуть бути підлоговими або настінними, з різними типами пальників та способами відведення продуктів згоряння.

Окремо згадуються газові конвектори як прилади для безпосереднього нагрівання повітря в приміщенні.

Основи розрахунку внутрішньої газової мережі

Розрахунок починають зі складання аксонометричної схеми за планами поверхів. На схемі визначають магістральний напрямок від вводу до найбільш віддаленого газового приладу та ділять мережу на розрахункові ділянки.

Розрахункову витрату газу на ділянках визначають за кількістю та номінальними витратами газових приладів з урахуванням коефіцієнта одночасності. наведено залежність $Q_{dh} = \sum(k_{sim} \cdot q_{ном} \cdot n_i)$, де k_{sim} — коефіцієнт одночасності; $q_{ном}$ — номінальна витрата одного приладу; n_i — кількість однотипних приладів.

Далі визначають середній допустимий перепад тиску вздовж магістрального напрямку. За витратами газу й допустимими втратами підбирають діаметри труб і визначають фактичні втрати тиску на тертя та в місцевих опорах. Розрахунок вважають завершеним, коли сумарні втрати узгоджуються з прийнятим розрахунковим перепадом у межах допуску, наведеного в джерелі.

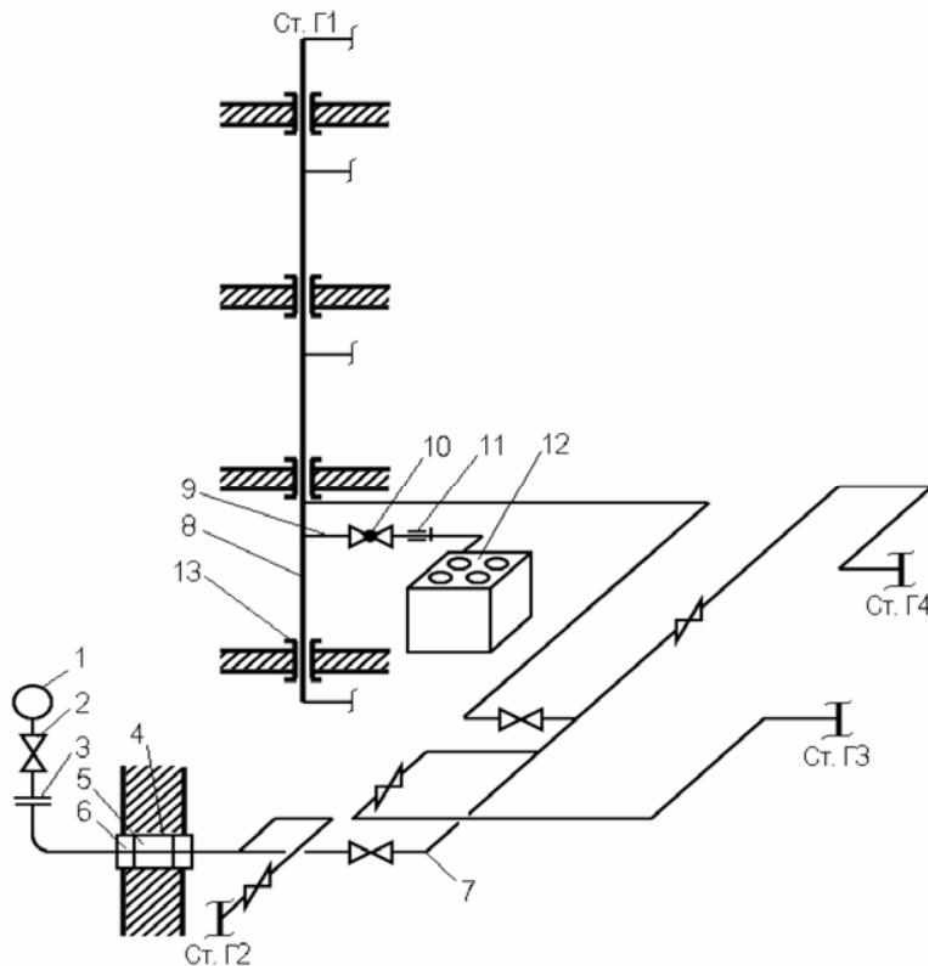


Рис. 4.3. Принципова схема внутрішнього газопостачання будівлі

Внутрішній газопровід проходить від вводу в будівлю до газових приладів. До його складу входять розвідні горизонтальні трубопроводи, стояки, підводки до приладів, запірні пристрої та лічильники. Трубопроводи розміщують так, щоб вони були доступними для огляду. У місцях проходження через перекриття та стіни застосовують захисні гільзи.

Газові плити призначені для приготування їжі, водонагрівачі — для приготування гарячої води, а газові котли — для опалення та, у двоконтурному виконанні, одночасного гарячого водопостачання. Стійке й повне згоряння потребує достатнього надходження повітря та організованого відведення продуктів згоряння відповідно до конструкції приладу.

$$Q_{dh} = \Sigma(k_{sim} \cdot q_{ном} \cdot n_i) \quad (4.1)$$

де:

Q_{dh} — розрахункова годинна витрата газу на ділянці, $m^3/год$;

k_{sim} — коефіцієнт одночасності роботи приладів;

$q_{ном}$ — номінальна годинна витрата газу одним приладом, $m^3/год$;

n_i – кількість однотипних газових приладів;

Після визначення витрат газу на окремих ділянках мережу розраховують за допустимими втратами тиску. За витратою і прийнятим перепадом тиску добирають діаметри труб, а потім перевіряють фактичні втрати на тертя і в місцевих опорах. Розрахунок виконується від найбільш віддаленого приладу до точки приєднання внутрішньої мережі.

РОЗШИРЕНИЙ ТЕОРЕТИЧНИЙ МАТЕРІАЛ

4.3. Газопостачання як технологічний ланцюг

Газопостачання забезпечує подачу газоподібного палива від розподільної мережі до кінцевих приладів із потрібними параметрами. Типовий ланцюг включає зовнішню мережу, ввід, відключальний пристрій, внутрішнє розведення, вузол обліку та газовикористовувальне обладнання. Для розуміння схеми корисно відокремлювати ділянку транспортування від вузлів редукування, обліку й кінцевого використання газу. [4, с. 129–145]

Природний газ є сумішшю газів із переважанням метану. Його властивості визначаються хімічним складом: теплота згоряння характеризує енергетичний вміст палива, густина впливає на рух газу, межі займання визначають небезпеку газоповітряної суміші. Для виявлення витоків природний газ одорують. Термін «горючий газ» не означає, що газ здатний горіти за будь-якої концентрації: потрібне співвідношення з повітрям та джерело запалювання. [4, с. 129–133]

Зовнішня розподільна система доставляє газ до території забудови, внутрішня — до приладів конкретної будівлі. На принциповій схемі вказують місця відключення, проходи через конструкції, стояки, приладові підводки й розміщення обладнання. Під час читання схеми необхідно пояснити, яка арматура відсікає всю будівлю, а яка — окремий споживач. [4, с. 133–145]

4.4. Призначення елементів внутрішньої системи

До внутрішньої системи належать ввід, розподільні газопроводи, стояки та підводки, запірні пристрої, засоби вимірювання і газові прилади. Газову плиту використовують для приготування їжі; водонагрівач — для нагрівання води; опалювальний апарат — для покриття теплової потреби приміщень. Двоконтурний апарат поєднує функції опалення і гарячого водопостачання, але робота цих контурів має власну технологічну логіку. [4, с. 141–146]

Вузол обліку газу призначений для вимірювання споживання. Для правильного вибору лічильника потрібно зіставити режим роботи приладів і пропускну здатність засобу обліку, а не тільки умовний діаметр приєднання. Мінімальна та максимальна

витрати приладу мають лежати в робочому діапазоні лічильника. Розрахункова витрата не обов'язково дорівнює сумі максимальних витрат усіх споживачів, оскільки враховується одночасність їх роботи. [4, с. 145–151]

Робочий тиск у мережі та допустимий тиск перед газовим приладом — різні характеристики різних ланок системи. Регулювальний пристрій підтримує потрібні параметри, запірна арматура припиняє подачу, запобіжні пристрої реагують на визначені відхилення. Функції не слід змішувати: лічильник не є засобом регулювання, а звичайний кран не замінює передбаченої захисної автоматики. [4, с. 133–145]

4.5. Розрахункова витрата і принцип вибору обладнання

Номінальна витрата показує споживання окремого приладу за заданого режиму. **Розрахункова витрата** ділянки потрібна для перевірки пропускної здатності газопроводу та облікового обладнання і залежить від складу підключених споживачів і їхнього режиму. Енергетичний зв'язок між теплопродуктивністю й витратою газу визначається теплотою згоряння і ККД газовикористовувального пристрою. Це дає змогу пояснити, чому різні прилади мають різні витрати навіть за близької корисної потужності. [4, с. 146–151]

У трубопроводі під час руху газу виникають втрати тиску. Відтак перевірка мережі має охоплювати не лише сумарне газоспоживання, а й довжину ділянок, діаметри, фасонні частини та місцеві опори. Конкретні коефіцієнти, діаметри й параметри газових приладів приймають за проектом і актуальною технічною документацією; дані з посібника 2024 року використовуються тут для розуміння принципу, а не як готовий монтажний дозвіл. [4, с. 146–151]

4.6. Безпечне функціонування та експлуатаційні обмеження

Газопостачання потребує особливого контролю герметичності, повітрообміну та організованого видалення продуктів згоряння. Стан пальника, автоматики, припливу повітря і димовідведення взаємопов'язаний: порушення одного елемента може змінити безпечні умови роботи решти системи. Експлуатацію й будь-які роботи з газовим обладнанням виконують відповідно до чинних вимог та інструкцій виробника кваліфіковані працівники. [4, с. 129–151]

Здобувач має навчитися розрізняти **візуальний навчальний аналіз схеми та фактичне втручання у газову мережу**. Перше включає визначення вузлів і пояснення їх ролі; друге вимагає спеціальної підготовки та належних процедур. За підозри на витік не використовують відкритий вогонь для пошуку дефекту, а діють

за затвердженим порядком аварійного реагування. Лекція не є інструкцією з самостійного монтажу газопроводів. [4, с. 141–151]

Таблиця 4.1. Функції вузлів газової системи

Вузол	Призначення	Не слід плутати з
Ввід	Приєднання будівлі до зовнішньої мережі	Внутрішньою підводкою до плити
Запірний пристрій	Припинення подавання	Вузлом автоматичного регулювання
Газопровід-стояк	Вертикальний розподіл	Димоходом
Лічильник	Вимірювання спожитого газу	Редуктором тиску
Газовий прилад	Корисне використання палива	Транзитним трубопроводом

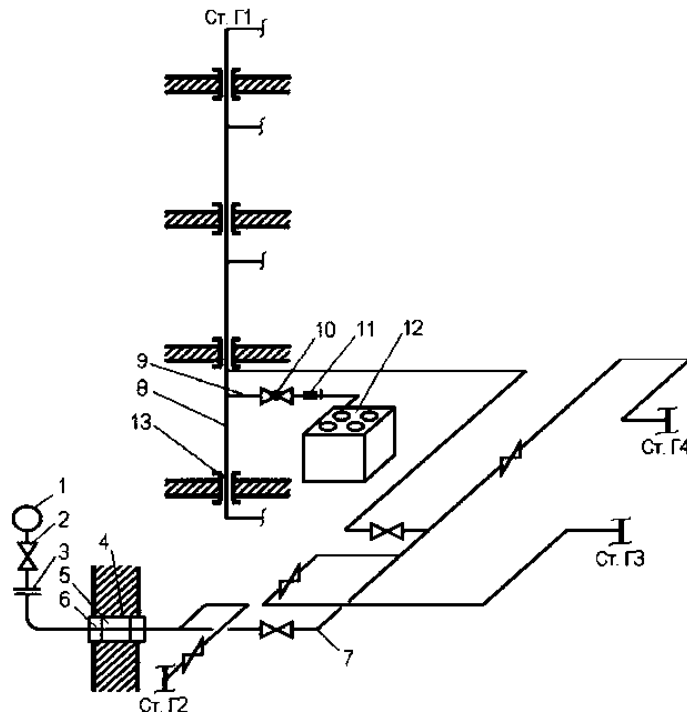


Рисунок 4.3 — Принципова схема газопостачання будівлі (за [4, с. 142], рис. 5.6).

Навчальні акценти. Матеріал цього розділу пояснює принципи роботи та взаємозв'язок елементів систем. Поглиблений добір конструкцій, окремі технологічні карти й числові розрахунки виконуються за відповідними темами самостійної роботи та практичними завданнями згідно з РНП.

Навчальна література до лекції: [4, с. 129–151]

Висновки

- система газопостачання включає джерело газу, магістральні та розподільні газопроводи, регуляторне обладнання, вводи і внутрішні мережі;
- міські газопроводи поділяють за робочим тиском, а зв'язок між ступенями забезпечують ГРП і ГРУ;
- внутрішня мережа складається з вводу, розводки, стояків, підводок, арматури, засобів обліку та газових приладів;
- розрахункова витрата газу залежить від номінальних витрат приладів, їх кількості та одночасності роботи;
- газопроводи мають бути доступними для огляду, а встановлення приладів повинно забезпечувати необхідні умови горіння та відведення продуктів згоряння.

Питання для самоконтролю

1. На які категорії поділяють газопроводи за робочим тиском?
2. Які компоненти переважають у природному газі?
3. Для чого газ одорують?
4. Яке призначення ГРП і ГРУ?
5. З яких елементів складається внутрішня система газопостачання будівлі?
6. Які основні види побутових газових приладів застосовують?
7. Як визначається розрахункова витрата газу на ділянці мережі?

Лекція 5. Внутрішнє водопостачання будівель. Системи і схеми. Трубопроводи, арматура й обладнання. Гаряче та протипожежне водопостачання

Обсяг: 2 год.

Мета лекції. поглибити знання про трубопроводи, арматуру та обладнання внутрішнього водопроводу, розглянути принципи обліку і гідравлічного розрахунку, протипожежне та гаряче водопостачання.

План лекції

1. Трубопроводи та способи їх застосування.
2. Запірна, водорозбірна, змішувальна, регулювальна і вимірювальна арматура.
3. Водовимірні вузли та водолічильники.
4. Основи визначення розрахункових витрат і втрат напору.
5. Підвищувальні насосні установки.
6. Внутрішній протипожежний водопровід.
7. Системи гарячого водопостачання та циркуляція.

5.1. Трубопроводи, арматура, обладнання і розрахунок

Трубопроводи внутрішнього водопроводу

Для внутрішніх водопровідних мереж джерела розглядають труби з різних матеріалів. У навчальному матеріалі як найбільш поширені для внутрішніх мереж наведені сталеві водогазопровідні оцинковані й поліетиленові напірні труби. Навчальний матеріал додатково розглядає пластмасові, металопластикові, чавунні, мідні та інші труби. Вибір матеріалу пов'язаний з якістю і температурою води, робочим тиском, умовами монтажу та експлуатації.

Магістралі й стояки можуть виконуватись зі сталевих труб, а поверхові та квартирні підводки — з полімерних. Трубопроводи гарячого водопостачання і циркуляційні магістралі ізолюють для зменшення тепловтрат, а холодні трубопроводи — для запобігання конденсації вологи на зовнішній поверхні.

Арматура і прилади обліку

За функціональним призначенням навчальний матеріал поділяє арматуру на запірну, водорозбірну, змішувальну, запобіжну, регулювальну та вимірювальну. Запірна арматура використовується для відключення окремих ділянок мережі; водорозбірна — для безпосереднього відбору води; змішувальна — для змішування холодної і гарячої води; регулювальна і запобіжна — для підтримання параметрів системи; вимірювальна — для контролю витрати, тиску й температури.

Облік витрат води здійснюється водолічильниками. На ввіді до будівлі лічильник входить до складу водовимірною вузла разом із запірною арматурою, манометром, спускним краном і, за потреби, обвідною лінією. У навчальному матеріалі наведено крильчаті лічильники для менших діаметрів і турбінні для більших. Втрати напору у водолічильнику визначають залежністю $H_{лч} = S \cdot q^2$, де S — питомий опір лічильника, q — розрахункова витрата.

Основи розрахунку внутрішньої мережі

Перед гідравлічним розрахунком визначають кількість споживачів і санітарно-технічних приладів, а також розрахункові витрати холодної та гарячої води. Сам розрахунок мережі навчальний матеріал поділяє на два етапи: спочатку встановлюють витрати води на розрахункових ділянках, потім за цими витратами визначають діаметри труб і втрати напору.

Розрахунок виконують за аксонометричною схемою. Визначають диктуючий прилад — найбільш віддалений по горизонталі та вертикалі водорозбірний прилад на найбільш навантаженому напрямку. Від нього до вводу або насосної установки виділяють магістральний розрахунковий напрямок і розбивають його на ділянки постійного діаметра та постійної витрати. Для кожної ділянки визначають витрату, діаметр, швидкість і втрати напору.

Розрахунковий напір на ввіді до будинку в джерелі подано як суму геометричної висоти, сумарних втрат напору в мережі, втрат у водолічильнику та вільного напору у диктуючого приладу: $H_p = H_{geom} + \Sigma H_{l,tot} + H_{лч} + H_f$. Якщо гарантований напір зовнішньої мережі менший за розрахунковий, передбачається підвищувальна насосна установка.

Протипожежне водопостачання

Для внутрішнього пожежогасіння навчальний матеріал розрізняє прості та автоматичні системи. Прості системи мають ручні пожежні крани, рукави й стволи. Автоматичні системи представлені спринклерними і дренчерними установками. Пожежні крани встановлюють у доступних місцях — біля виходів, сходових майданчиків, у коридорах і вестибюлях — та підключають до пожежних стояків.

Спринклерна система діє локально: під час підвищення температури спрацьовують головки в зоні пожежі. Дренчерна система подає воду одночасно через усі відкриті дренчерні головки відповідної секції й може застосовуватись, зокрема, для створення водяної завіси. У навчальному матеріалі описано водяні, повітряні та повітряно-водяні спринклерні системи.

Гаряче водопостачання

Система внутрішнього гарячого водопостачання складається з пристрою нагрівання води, подавальної та циркуляційної мережі, арматури, а також допоміжного обладнання — насосів, баків-акумуляторів і установок водопідготовки. Гаряча вода може використовуватися на господарсько-побутові та технологічні потреби.

для господарсько-побутових потреб подається вода питної якості. наведено температурні межі для систем, приєднаних до відкритих і закритих систем тепlopостачання, а також верхню межу температури в точках водорозбору. Циркуляційна мережа потрібна для підтримання необхідної температури води поблизу водорозбірних приладів у періоди малого або відсутнього водорозбору.

Матеріал труб добирають з урахуванням температури води, робочого тиску, способу монтажу та умов експлуатації. Сталеві труби характеризуються високою механічною міцністю, полімерні — корозійною стійкістю і зручністю монтажу. Для гарячої води особливого значення набуває температурна стійкість матеріалу та компенсація температурних деформацій.

Тип арматури	Призначення	Приклади застосування
Запірна	Перекриття потоку та відключення ділянок	Вентилі, крани, засувки
Водорозбірна	Безпосередній відбір води споживачем	Водорозбірні та поливні крани
Змішувальна	Змішування холодної і гарячої води	Змішувачі умивальників, ванн, душів
Регульовальна і запобіжна	Підтримання тиску та захист системи	Регулятори тиску, запобіжні клапани
Вимірювальна	Контроль витрати, тиску і температури	Водолічильники, манометри, термометри

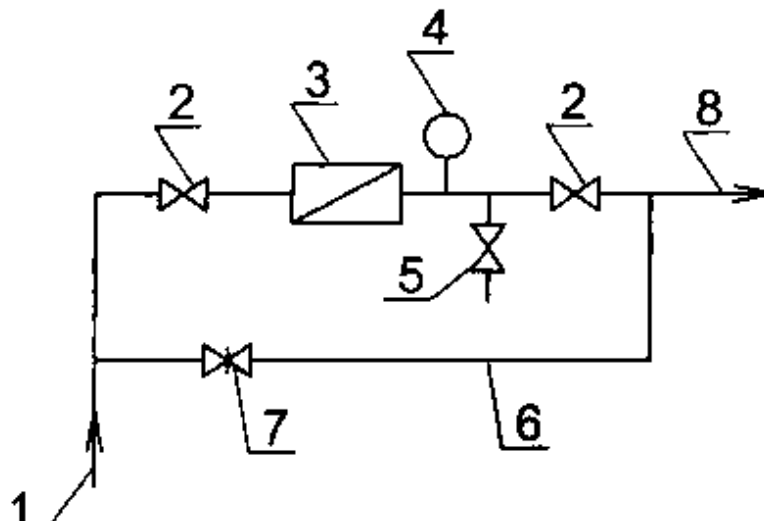


Рис. 5.1. Принципова схема водовимірного вузла з обвідною лінією

Водовимірний вузол встановлюють на вводі до будівлі. Запірна арматура до і після лічильника дає змогу відключити його для обслуговування. Спускний кран застосовують для спорожнення або контрольних операцій, а обвідна лінія використовується у випадках, передбачених схемою системи.

$$H_{лч} = S \cdot q^2 \quad (5.1)$$

де:

$H_{лч}$ – втрата напору у водолічильнику, м;

S – питомий гідравлічний опір водолічильника, м/(л/с)²;

q – розрахункова витрата води через лічильник, л/с;

$$H_p = H_{geom} + \Sigma H_{l,tot} + H_{лч} + H_f \quad (5.2)$$

де:

H_p – потрібний напір на ввіді до будівлі, м;

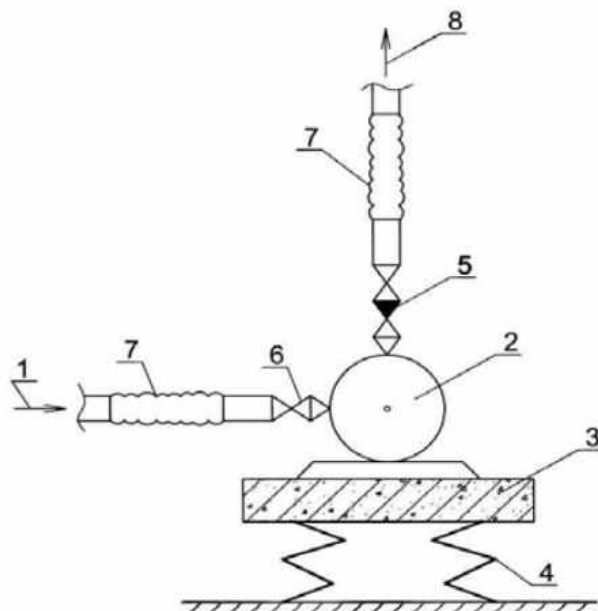
H_{geom} – геометрична висота подачі води, м;

$\Sigma H_{l,tot}$ – сумарні втрати напору у трубопроводах і місцевих опорах, м;

$H_{лч}$ – втрата напору у водолічильнику, м;

H_f – необхідний вільний напір у диктуючого приладу, м;

Якщо гарантований напір зовнішньої мережі менший за потрібний, у будівлі передбачають насосну установку. Насоси можуть працювати паралельно для збільшення подачі або послідовно для збільшення напору. Насосне обладнання встановлюють так, щоб зменшити передачу вібрацій і шуму на будівельні конструкції.



5.2. Протипожежне водопостачання

Внутрішнє пожежогасіння може бути простим або автоматичним. Прості системи обладнуються пожежними кранами з рукавами і стволами, які приводить у дію людина. Автоматичні системи використовують спеціальні головки й запускаються під дією температури або команд системи пожежної автоматики.

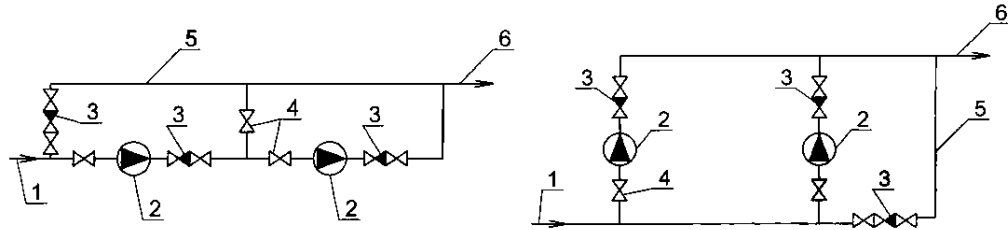


Рис. 5.3. Принципові схеми внутрішнього протипожежного водопроводу

Спринклерна система діє локально — розкриваються головки у зоні, де температура досягла порогового значення. Дренчерні головки відкриті постійно, а вода подається після відкриття пускового пристрою до всієї секції. Дренчерні установки можуть формувати водяні завіси або інтенсивно зрошувати захищувану зону.

5.3. Гаряче водопостачання

Система гарячого водопостачання включає джерело нагрівання води, подавальні трубопроводи, стояки, підводки, водорозбірну арматуру і, за необхідності, циркуляційний контур. Нагрівання може здійснюватися у місцевому водонагрівачі або централізовано в теплообміннику теплового пункту.

Циркуляція потрібна для того, щоб у періоди малого водорозбору вода в довгих стояках і магістралях не охолоджувалася надмірно. Частина води повертається циркуляційним трубопроводом до нагрівача, утворюючи замкнений контур. На циркуляційних лініях можуть встановлюватися насоси та балансувальна арматура.

Трубопроводи гарячого водопостачання теплоізолюють, щоб зменшити втрати теплоти. Під час компонування системи враховують можливість температурного подовження труб, доступність арматури та розташування водорозбірних точок. Чим більша довжина мережі від нагрівача до споживача, тим важливішою є правильно організована циркуляція.

РОЗШИРЕНИЙ ТЕОРЕТИЧНИЙ МАТЕРІАЛ

5.4. Розрахункова модель внутрішнього водопроводу

Внутрішній водопровід передає воду від вводу до найвіддаленіших споживачів. Для його розрахунку визначають кількість приладів, режими їх використання, максимальні витрати та гідравлічно несприятливий напрямок. Витрата по ділянках змінюється залежно від кількості приєднаних водорозбірних точок. Тому розрахункова схема має відображати саме вузли підключення і розподіл витрат, а не випадкову геометричну лінію на плані. [4, с. 42–55; 2, с. 83–105]

Диктуючий прилад — точка, для роботи якої необхідна найбільша сума геометричного підйому та втрат напору. Розрахунок доступного напору охоплює висоту піднімання води, втрати в трубопроводах, арматурі та приладі обліку, а також потрібний залишковий напір перед водорозбором. Після порівняння з гарантованим напором зовнішньої мережі встановлюють необхідність підвищувального насосного обладнання. [4, с. 50–57]

Для пояснення гідравлічного зв'язку слід знати $Q = v \cdot A$, де Q — об'ємна витрата, v — середня швидкість руху, A — площа живого перерізу. При сталій витраті зменшення внутрішнього діаметра збільшує швидкість, а отже може збільшити втрати напору й шум. Занадто великий діаметр, навпаки, збільшує матеріаломісткість і об'єм води у мережі. Під час добору знаходять узгоджене рішення за пропускною здатністю та експлуатаційними умовами. [4, с. 50–55; 2, с. 153–158]

5.5. Арматура як засіб керування потоком

Запірна арматура призначена для повного перекриття ділянки, **регулювальна** — для зміни параметрів потоку, **зворотний клапан** перешкоджає руху у зворотному напрямку, **запобіжна арматура** захищає від передбачених небезпечних режимів. Водовідбірні та змішувальні пристрої працюють безпосередньо на точках споживання. За однакової зовнішньої форми арматура може мати різні конструктивні та функціональні характеристики, тому її не ототожнюють лише за назвою «кран». [4, с. 47–49; 5, с. 20–25]

Розташування арматури має забезпечувати ізоляцію вводу, стояка, поверхової гілки та окремого вузла у межах обраної схеми. Вимірювальні прилади встановлюють так, щоб забезпечити достовірні показання та доступ до огляду. Деталі будови клапанів, характеристики трубних матеріалів і порівняльні таблиці номенклатури є матеріалом самостійної роботи 4.1; у лекції засвоюється роль елементів у загальному потоці. [4, с. 47–49]

5.6. Гаряче водопостачання як окрема гідротеплова система

Гаряче водопостачання забезпечує подавання нагрітої води до споживачів. Джерело нагрівання може бути місцевим або централізованим; мережа включає подавання, стояки, підводки, а в розгалужених рішеннях — зворотний циркуляційний трубопровід. На відміну від опалення, вода у гарячому водопостачанні безпосередньо відбирається споживачем, тому тепловий і водний баланси системи мають свої особливості. [4, с. 61–69]

Циркуляційний контур повертає частину охолодженої води до нагрівального обладнання, підтримуючи готовність віддалених водорозбірних точок. Без циркуляції тривале простоювання великої мережі призводить до охолодження води та збільшення часу очікування гарячої води. Теплова ізоляція зменшує втрати під час транспортування; балансування циркуляційних гілок потрібне для рівномірного температурного режиму. [4, с. 64–69]

У пластинчастому теплообміннику тепло передається між двома контурами через роздільну поверхню, без прямого змішування теплоносіїв. Завдяки цьому параметри внутрішньої системи можуть бути відокремлені від параметрів зовнішнього джерела. Реальне проектування включає перевірку температур, тисків, матеріалів і санітарних вимог; навчальний конспект пояснює принципову функцію теплообмінника. [4, с. 61–69]

5.7. Протипожежний водопровід: функція і склад

Система внутрішнього протипожежного водопроводу повинна забезпечувати подавання води до місць гасіння у передбаченому режимі. Пожежний кран є точкою подавання води через рукав і ствол, а автоматична система має вузли контролю та пуску. Спринклерна система реагує локально на підвищення температури; дренчерна подає воду на групу відкритих зрошувачів після запуску. Ці системи відрізняються принципом приведення в дію та сферою застосування. [4, с. 57–61]

Господарсько-питне й протипожежне водопостачання можуть бути роздільними або суміщеними, проте наявність спільного трубопроводу не скасовує вимог до протипожежного режиму. Потрібно передбачити надійність джерела, доступність обладнання та узгодженість насосів і розподільної мережі. Кількість пожежних кранів, витрати й напори визначаються за чинними вимогами для конкретного будинку; навчальні рисунки описують лише будову системи. [4, с. 57–61; 5, с. 26–29]

5.8. Типові питання перевірки водопровідної схеми

Перед прийняттям рішення слід перевірити, чи враховано основні режими споживання, де відключається ввід, як організовано облік, чи достатній напір на верхніх і найвіддаленіших точках, чи забезпечені доступ і захист трубопроводів. Для насосного вузла додатково розглядають напрямок потоку та взаємодію обладнання із зовнішньою мережею. Для гарячої води перевіряють джерело нагрівання і логіку циркуляції; для пожежного водопроводу — окремий розрахунковий режим. [4, с. 42–69]

Це перелік *контрольних запитань до схеми*, а не заміна практичного розрахунку. Обчислення максимальних витрат, підбір діаметра вводу й водолічильника та визначення втрат напору виконуються у практичних роботах № 7–8. [4, с. 49–57]

Таблиця 5.1. Відмінності режимів водопостачання

Система	Ресурс і режим	Особливе завдання
Холодна вода	Вода за температури джерела	Якість, витрата, напір
Гаряча вода	Вода після нагрівання	Температура й теплова ізоляція
Циркуляція ГВП	Повернення частини гарячої води	Готовність віддалених точок
Протипожежна	Вода за спеціальним режимом	Надійність і розрахункова подача

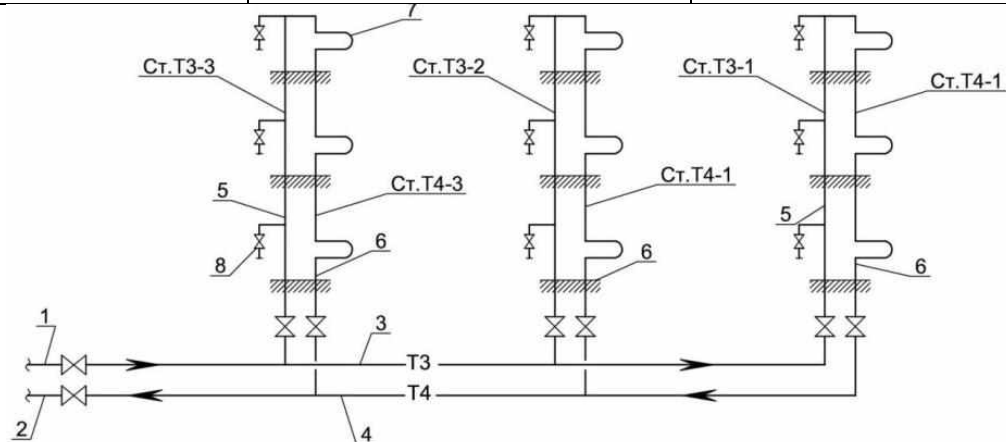


Рисунок 5.4 — Подавальна і циркуляційна частини гарячого водопостачання (за [4, с. 65], рис. 2.10).

Навчальні акценти. Матеріал цього розділу пояснює принципи роботи та взаємозв'язок елементів систем. Поглиблений добір конструкцій, окремі технологічні карти й числові розрахунки виконуються за відповідними темами самостійної роботи та практичними завданнями згідно з РНП.

Навчальна література до лекції: [2, с. 83–105, 153–158; 4, с. 42–69; 5, с. 10–29]

Висновки

- внутрішній водопровід складається з трубопроводів, арматури, засобів обліку та, за необхідності, насосного обладнання;
- гідравлічний розрахунок включає визначення витрат, діаметрів, швидкостей і втрат напору;
- потрібний напір на вводі порівнюють із гарантованим напором зовнішньої мережі;
- протипожежні системи можуть бути ручними або автоматичними — спринклерними і дренчерними;
- гаряче водопостачання потребує нагрівання води, її розподілу і, для розгалужених систем, циркуляції.

Питання для самоконтролю

1. Які матеріали труб застосовують у внутрішніх системах водопостачання?
2. Яке призначення основних типів водопровідної арматури?
3. З яких елементів складається водовимірний вузол?
4. Як визначають втрати напору у водолічильнику?
5. Що називають диктуючим приладом?
6. Чим спринклерна система відрізняється від дренчерної?
7. Для чого у системі гарячого водопостачання потрібна циркуляція?

Лекція 6. Внутрішнє водовідведення. Системи каналізації, приймачі стічних вод, трубопроводи, стояки, випуски та внутрішні водостоки

Обсяг: 2 год.

Мета лекції. сформувати знання про призначення і будову внутрішньої каналізації, приймачі стічних вод, гідравлічні затвори, відвідні трубопроводи, стояки, випуски та внутрішні водостоки.

План лекції

1. Призначення і класифікація внутрішнього водовідведення.
2. Склад внутрішньої каналізаційної мережі.
3. Труби та фасонні частини.
4. Відвідні трубопроводи, стояки, ревізії, прочистки та випуски.
5. Санітарно-технічні прилади.
6. Сифони і гідравлічні затвори.
7. Вентиляція каналізаційних стояків.
8. Внутрішні водостоки та основи розрахунку.

6.1. Система внутрішньої каналізації та її елементи

Призначення внутрішньої системи водовідведення

Внутрішня система водовідведення приймає стічні води у місцях їх утворення та відводить їх за межі будівлі до зовнішньої мережі. У джерелах розглядаються господарсько-побутові, виробничі та дощові стічні води.

Основними елементами господарсько-побутової системи є санітарно-технічні прилади, гідравлічні затвори, поверхові відвідні трубопроводи, стояки з витяжною частиною, збірні трубопроводи в нижній частині будівлі, випуски, ревізії та прочистки.

Відвідні трубопроводи і стояки

Поверхові відвідні трубопроводи з'єднують санітарні прилади зі стояками. Вони прокладаються з похилом у напрямку стояка, відкрито або приховано. На ділянках, де можливе засмічення, передбачають прочистки або ревізії.

Стояк транспортує стічні води від поверхових відводів до нижньої частини системи. Його розміщують поблизу групи санітарних приладів, особливо унітазів. У навчальному матеріалі звернено увагу на шум роботи каналізації, тому стояки не рекомендується розміщувати біля перегородок, суміжних із житловими кімнатами.

Верхня частина вентиляованого стояка виводиться вище покрівлі. Її функція — вентиляція мережі та захист гідравлічних затворів від зриву через коливання тиску. У нижній частині стояки приєднуються до горизонтальних збірних трубопроводів плавними фасонними частинами.

Труби, діаметри та похили

Для внутрішньої каналізації застосовують чавунні та пластмасові труби й відповідні фасонні частини. Діаметри відвідних труб від окремих приладів у навчальному матеріалі часто призначають конструктивно: умивальники, мийки й ванни підключають трубопроводами меншого діаметра, унітази — трубами більшого діаметра.

Трубопроводи прокладають з похилом, достатнім для самопливного руху стічної води. Для магістральних відвідних трубопроводів та випусків навчальний матеріал передбачає гідравлічний розрахунок з перевіркою швидкості і наповнення.

Приймачі стічних вод

Стічні води приймаються санітарно-технічними приладами. До основних приладів джерела відносять умивальники, мийки, раковини, ванни, душові піддони, унітази, біде, пісуари та трапи. У навчальному матеріалі окремо показані конструкції цих приладів і способи їх приєднання до мережі.

Приймачі стічних вод повинні забезпечувати зручне користування, гігієнічність, можливість очищення і надійне приєднання до водовідвідної мережі. Трапи встановлюють у найнижчих місцях підлоги для приймання води з поверхні приміщень.

Гідравлічні затвори

Між санітарним приладом і каналізаційною мережею встановлюють гідравлічний затвор — сифон. Його основна функція — не допускати потрапляння газів з каналізаційної мережі у приміщення. У навчальному матеріалі описані U-подібні та пляшкові сифони; водяний шар у вигині створює необхідний затвор.

Сифони повинні мати можливість очищення, тому в їх конструкції передбачають розбірні елементи, пробки або кришки. Для частини приладів гідрозатвор є вбудованою частиною конструкції.

Внутрішні водостоки

Окремим видом внутрішнього водовідведення є система відведення дощових і талих вод з покрівлі. Вона складається з водоприймальних воронок, відвідних трубопроводів, водостічних стояків, ревізій, прочисток і випусків. Навчальний

матеріал описує варіант скидання у зовнішню дощову мережу та варіант випуску на вимощення за відсутності такої мережі.

Внутрішня каналізація працює переважно як самотісна система. Тому положення трубопроводів у просторі, їх похили, плавність переходів і правильний вибір фасонних частин мають принципове значення. На відміну від напірного водопроводу, стічна вода рухається по трубах із частковим заповненням перерізу.

Елемент системи	Призначення	Характерна особливість
Приймач стічних вод	Приймає воду у місці її використання	Санітарний прилад або трап
Гідравлічний затвор	Перешкоджає надходженню газів із каналізації	Утримує шар води між приміщенням і мережею
Відвідний трубопровід	Відводить стоки від приладів до стояка	Прокладається з похилом
Стояк	Збирає стоки з поверхів	Вертикальний трубопровід із вентиляційною частиною
Ревізія/прочистка	Забезпечує доступ до мережі	Встановлюється в місцях, де можливе засмічення
Випуск	Відводить стоки за межі будівлі	З'єднує внутрішню і зовнішню мережі

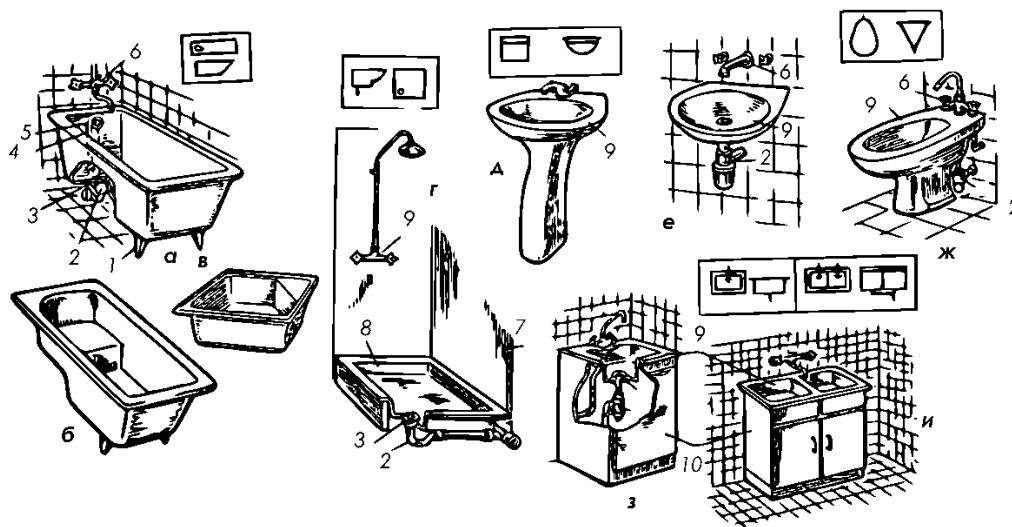


Рис. 6.1. Основні види санітарно-технічних приладів та їх умовні позначення

Санітарно-технічний прилад формує початкову точку каналізаційної мережі. Конструкція приладу, положення його випуску та характер користування визначають спосіб приєднання до відвідного трубопроводу. Для унітазів потрібні трубопроводи більшого діаметра, ніж для умивальників або мийок, через характер стічних вод та одноразову витрату.



Рис. 6.2. Типові конструкції сифонів та елементів гідравлічних затворів

Гідравлічний затвор утворюється шаром води у вигині сифона. Він ізолює повітря приміщення від газового середовища каналізаційної мережі. Стабільність водяного затвора залежить від вентиляції стояка та характеру руху стоків. Значні коливання тиску в стояку можуть спричинити висмоктування або виштовхування води із сифона.

6.2. Трасування відвідних трубопроводів і стояків

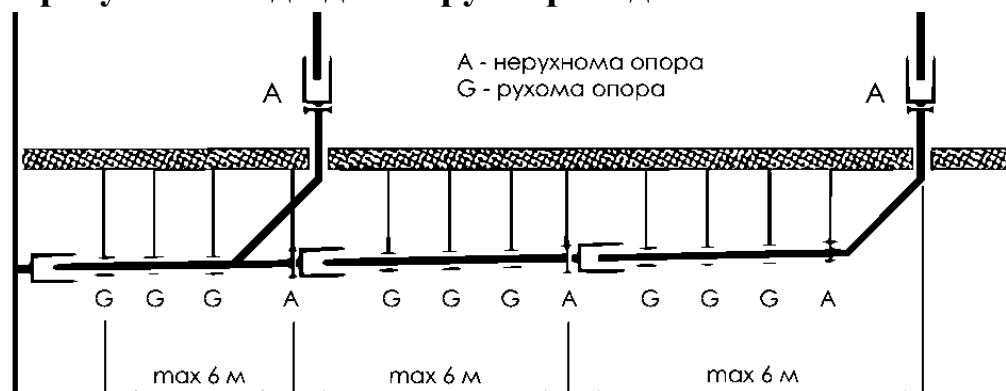


Рис. 6.3. Схема прокладання горизонтального каналізаційного трубопроводу з опорами

Горизонтальні ділянки прокладають із постійним похилом у напрямку руху стічних вод. Надмірно малий похил погіршує транспортування твердих включень, а надмірно великий може спричинити розділення потоку, коли вода рухається

швидше за тверді домішки. Тому діаметри і похили пов'язані з розрахунковою витратою та умовами самоочищення трубопроводу.



Рис. 6.4. Варіанти кріплення каналізаційних стояків до будівельних конструкцій

Стояк закріплюють до будівельних конструкцій нерухомими та рухомими опорами залежно від матеріалу труб. Приєднання поверхових відводів має забезпечувати стійкий рух стоків та мінімальні коливання тиску. Верхню частину вентильованого стояка продовжують для сполучення мережі з атмосферою.

6.3. Внутрішні водостоки

Внутрішні водостоки приймають дощові та талі води з покрівлі. Система включає водоприймальні воронки, відвідні трубопроводи, водостічні стояки, ревізії, прочистки та випуски. Воронки розташовують у найнижчих точках покрівлі з урахуванням її ухилів і водозбірної площі.

За наявності зовнішньої дощової каналізації випуск внутрішнього водостоку приєднують до неї. Якщо відповідна мережа відсутня, навчальні схеми розглядають організований випуск води на вимощення. Під час експлуатації важливо забезпечити доступ до ревізій та попереджати засмічення воронок і стояків.

РОЗШИРЕНИЙ ТЕОРЕТИЧНИЙ МАТЕРІАЛ

6.4. Фізичний принцип роботи самотливної каналізації

Внутрішня каналізація відводить використану воду від приймачів стічних вод до зовнішньої мережі. На відміну від водопроводу, більшість її горизонтальних ділянок працює самотливо, тому необхідні відповідний похил, вільний прохід

потоків та повітряний зв'язок із системою. **Відвідний трубопровід** збирає стоки від приладів, **стояк** транспортує їх вертикально, **випуск** виводить за межі будівлі. [4, с. 70–77; 1, с. 29–33]

Гідравлічний режим каналізаційної труби відрізняється від повністю заповненого напірного потоку. У нормальному режимі вода займає лише частину перерізу, а повітря має можливість переміщуватися. Тому для оцінки працездатності розглядають витрату стічних вод, діаметр, наповнення, швидкість і похил. Надто малий похил створює ризик відкладень, а надмірне збільшення похилу не обов'язково поліпшує перенесення твердих включень. [4, с. 70–75]

Схема прокладання повинна мінімізувати зайві повороти, забезпечувати доступ до ревізій і прочисток та враховувати проходи через будівельні конструкції. Спосіб кріплення залежить від матеріалу труб, температурних деформацій і маси заповненої ділянки. Рішення щодо конкретних опор, раструбів і фасонних деталей поглиблено опрацьовуються в самостійній роботі 5.2; на лекції важливо бачити систему як неперервний шлях потоку. [1, с. 29–42; 5, с. 289–294]

6.5. Гідравлічний затвор і вентиляція мережі

Гідравлічний затвор (сифон) створює водяний бар'єр між каналізаційною мережею та повітрям приміщення. Пляшкові й трубні сифони реалізують той самий принцип, хоча відрізняються конструкцією та умовами очищення. Якщо прилад має вбудований гідрозатвор, додатковий сифон може не вимагатися. Важливо розуміти, що сифон виконує захисну функцію тільки за наявності водяного шару. [1, с. 50–52; 4, с. 72–74]

Під час скидання стоків у стояку змінюється тиск повітря. Якщо вентиляційний зв'язок недостатній, різниця тисків може порушити водяний затвор приєднаного приладу. Вентильована частина стояка та додаткові вентиляційні рішення слугують вирівнюванню тиску. Отже, видалення каналізаційних запахів не можна зводити лише до висоти водяного шару сифона: система повинна працювати як гідравлічно й аеродинамічно пов'язаний комплекс. [1, с. 29–33; 4, с. 70–74]

Забруднення сифона, випаровування води в рідко використовуваному трапі та недостатня вентиляція можуть мати схожий зовнішній симптом — запах у приміщенні, але різні причини. Для навчальної діагностики потрібно послідовно встановити: чи є вода у затворі, чи не порушено приєднання, чи проходить стік і чи працює вентиляційна частина стояка. Це приклад системного аналізу без самовільного втручання в мережу. [1, с. 29–33, 50–52]

6.6. Приймачі стічних вод та взаємозв'язок із водопостачанням

До приймачів стічних вод належать умивальники, мийки, ванни, душові піддони, унітази, пісуари, біде, трапи та лотки. Кожний прилад поєднує санітарно-гігієнічну функцію з приєднанням до внутрішньої каналізації. Споживання води й утворення стоків відбуваються нерівномірно: окремі прилади скидають воду швидко, інші — триваліше й меншими витратами. Ці відмінності враховуються в розрахункових витратах мережі. [1, с. 47–53; 4, с. 70–74]

Сантехнічний прилад має бути надійно закріплений, правильно приєднаний до випуску й доступний для користування та обслуговування. Матеріал корпусу, наявність переливу, тип випуску й особливості гідрозатвора впливають на компонування вузла. Детальне порівняння приладів і вивчення технологічних карт їх монтажу виконуються у самостійній роботі 5.1 та 5.3, тому в лекції наведено саме функціональну класифікацію. [1, с. 47–90]

6.7. Матеріали мереж і акустичний комфорт

Труби внутрішньої каналізації виготовляють із різних матеріалів, зокрема полімерних і чавунних. Матеріал визначає масу, спосіб з'єднання, стійкість до робочого середовища та звукові характеристики. Полімерні системи мають невелику масу й застосовують розтрубні або інші сумісні з'єднання; правильне кріплення повинно враховувати температурні переміщення. Конструкцію з'єднання обирають за типом конкретної труби та вимогами виробника. [1, с. 33–46]

Шум каналізаційної системи виникає під час падіння води у стояках і переміщення потоку трубопроводами. Його передавання можливе повітрям та через конструкції будівлі. Для зменшення шуму мають значення вибір системи, правильне кріплення, просторове відокремлення, матеріал труб і звукоізоляція. Накладання утеплювача на будь-яку трубу без аналізу механізму шуму не є універсальним рішенням. [1, с. 42–46]

6.8. Внутрішні водостоки та їх відмінність від побутової каналізації

Внутрішній водостік приймає дощові й талі води з покрівлі та відводить їх організованим шляхом. Основними вузлами є водоприймальна воронка, стояк, горизонтальні ділянки, ревізії та випуск. Покрівельна воронка працює разом із конструкцією гідроізоляції: неправильне приєднання створює ризик протікання в огорожувальні конструкції навіть за справного трубопроводу. [4, с. 74–77; 1, с. 91–93]

Дощові стоки мають інший режим надходження, ніж побутові: їх величина залежить від опадів та площі водозбору. Внутрішні водостоки не слід

ототожнювати зі звичайними вентиляційними стояками або побутовою каналізацією. Місце відведення води та можливість підключення до зовнішньої дощової мережі визначаються проєктним рішенням конкретного об'єкта. [4, с. 74–77]

6.9. Аналіз справності без підміни розрахунку

Під час аналізу навчальної схеми варто перевірити, чи існує безперервний шлях стоків від кожного приладу до випуску, чи зберігається доступ до місць очищення, чи правильно організовано вентиляцію стояків і чи відокремлена дощова система. Для розгалуженої мережі додатково з'ясовують, які прилади приєднуються до кожної розрахункової ділянки. [4, с. 70–77]

Числове визначення витрат, діаметрів і похилів належить до практичних робіт № 9–10. Тут засвоюються фізична модель, функції елементів та пояснення, чому помилка одного вузла впливає на роботу всієї системи. [1, с. 29–52; 4, с. 70–77]

Таблиця 6.1. Функції елементів каналізації

Елемент	Завдання	Типова помилка розуміння
Сифон	Відокремити повітря приміщення від мережі	Вважати його лише фасонною частиною
Відвідна труба	Прийняти стоки від приладів	Ігнорувати похил
Стояк	Транспортувати стоки між поверхами	Не враховувати вентиляцію
Ревізія / прочистка	Забезпечити доступ до очищення	Закривати оздобленням
Випуск	Вивести стоки за межі будівлі	Плутати з водопровідним вводом
Водостічна воронка	Прийняти опади з покрівлі	Плутати з побутовим трапом

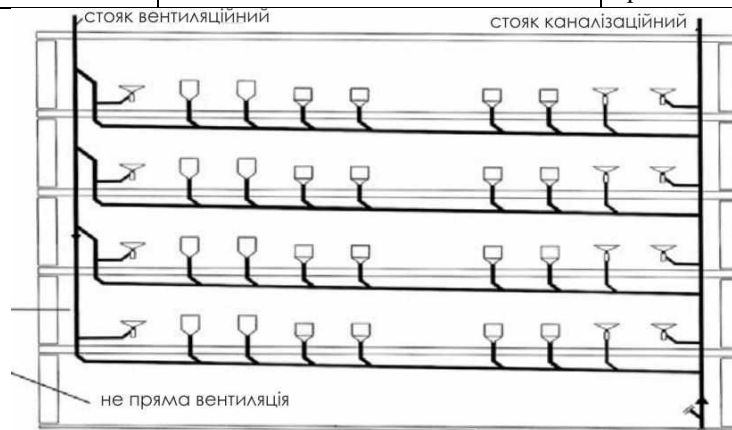


Рисунок 6.5 — Схематичне вентилявання каналізаційного стояка (за [1, с. 30], рис. 20).

Навчальні акценти. Матеріал цього розділу пояснює принципи роботи та взаємозв'язок елементів систем. Поглиблений добір конструкцій, окремі технологічні карти й числові розрахунки виконуються за відповідними темами самостійної роботи та практичними завданнями згідно з РНП.

Навчальна література до лекції: [1, с. 29–52, 91–93; 4, с. 70–77; 5, с. 289–295]

Висновки

- внутрішня каналізація приймає стічні води в місцях їх утворення і відводить за межі будівлі;
- основними елементами є санітарні прилади, сифони, відвідні трубопроводи, стояки, ревізії, прочистки та випуски;
- самопливний характер роботи вимагає правильного вибору діаметрів і похилів;
- гідравлічний затвор запобігає проникненню каналізаційних газів у приміщення;
- вентиляція стояка стабілізує тиск у мережі та сприяє збереженню гідравлічних затворів;
- внутрішні водостоки організовано відводять атмосферні опади з покрівлі.

Питання для самоконтролю

1. Які основні види внутрішніх систем водовідведення розрізняють?
2. З яких елементів складається внутрішня каналізаційна мережа?
3. Чому горизонтальні трубопроводи прокладають із похилом?
4. Яке призначення ревізій і прочисток?
5. Для чого потрібен сифон?
6. Яке призначення вентиляційної частини каналізаційного стояка?
7. З яких елементів складається внутрішній водостік?

Лекція 7. Монтаж трубопроводів та санітарно-технічного обладнання. Випробування, приймання та введення систем в експлуатацію. Вимоги безпеки

Обсяг: 2 год.

Мета лекції. сформувати уявлення про технологічну послідовність монтажу внутрішніх водопровідних і каналізаційних мереж, встановлення санітарних приладів, випробування, приймання та підготовку систем до експлуатації.

План лекції

1. Загальна послідовність монтажних робіт.
2. Монтаж внутрішнього водопроводу.
3. Монтаж санітарно-технічних приладів.
4. Монтаж внутрішньої каналізації.
5. Випробування водопровідних систем.
6. Випробування і приймання каналізації.
7. Транспортування і зберігання труб та обладнання.
8. Основні вимоги безпеки під час монтажу.

7.1. Технологічна послідовність монтажу

Монтаж внутрішніх санітарно-технічних систем виконують після готовності відповідної частини будівлі до прокладання комунікацій. Перед початком робіт перевіряють місця проходу труб через перекриття і стіни, положення шахт та ніш, наявність закладних деталей, можливість установа кріплень і доступ до місць майбутнього обслуговування. Розмітка повинна забезпечувати взаємну ув'язку водопроводу, каналізації, санітарних приладів та інших інженерних комунікацій.

До основних підготовчих операцій належать приймання і сортування труб, фасонних частин та арматури, перевірка комплектності обладнання, розмічання трас, підготовка вузлів і кріплень. Трубопроводи за можливості укрупнюють у монтажні вузли, після чого встановлюють у проєктне положення. Така послідовність зменшує кількість операцій безпосередньо на місці монтажу і полегшує контроль якості з'єднань.

Внутрішній водопровід монтують від вводу і магістралей до стояків та підводок. Арматуру встановлюють у місцях, визначених схемою: на вводах, відгалуженнях, біля обладнання та на стояках. Положення труб повинно забезпечувати можливість огляду, ремонту і заміни окремих елементів. Під час прокладання контролюють відмітки, прямолінійність ділянок, надійність опор, стан

різьбових, зварних або інших з'єднань та відсутність небажаних механічних напружень у трубах.

Для трубопроводів гарячого водопостачання враховують температурні подовження і передбачене конструкцією компенсування переміщень. Холодні трубопроводи захищають від утворення конденсату там, де це передбачено конструкцією системи. Трубопроводи не повинні передавати на санітарні прилади, насоси та інше обладнання навантаження, які виникають через неправильне закріплення або неточність монтажу.

Самопливну каналізацію монтують з постійним контролем напрямку і похилу відвідних трубопроводів. Розтрубні та інші з'єднання виконують герметично, стояки закріплюють до будівельних конструкцій, а ревізії і прочистки розташовують так, щоб до них зберігався доступ. Фасонні частини підбирають відповідно до напрямку руху стічної води, не допускаючи різких і технологічно невиправданих змін траси.

До закриття трубопроводів у штрабах, коробах, шахтах або інших прихованих порожнинах перевіряють правильність їх положення, кріплення, з'єднань і виконують передбачені випробування. Після завершення монтажу мережу очищають від будівельного сміття, перевіряють роботу арматури й приладів, промивають водопровідні трубопроводи та готують системи до приймання.

7.2. Монтаж санітарно-технічних приладів

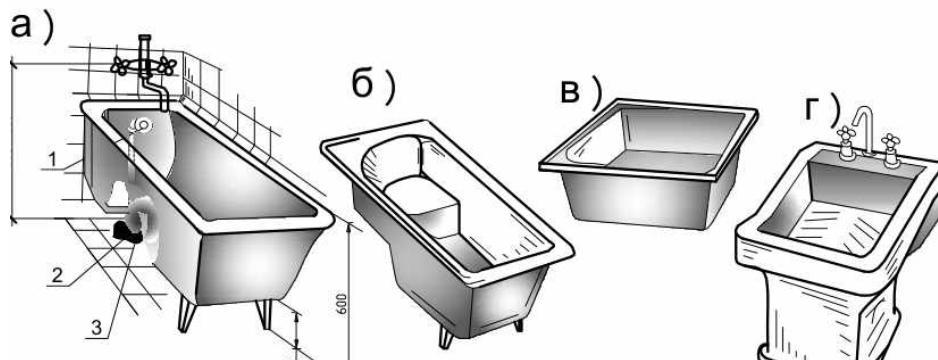


Рис. 7.1. Приклади конструктивного встановлення ванн

Ванну встановлюють у проєктне положення, вирівнюють і надійно закріплюють або встановлюють на передбачені опори. Після цього монтують випуск, перелив і сифон, приєднують прилад до каналізаційної мережі та перевіряють герметичність. Усі приєднувальні елементи мають залишатися доступними для обслуговування настільки, наскільки це передбачено конструкцією.

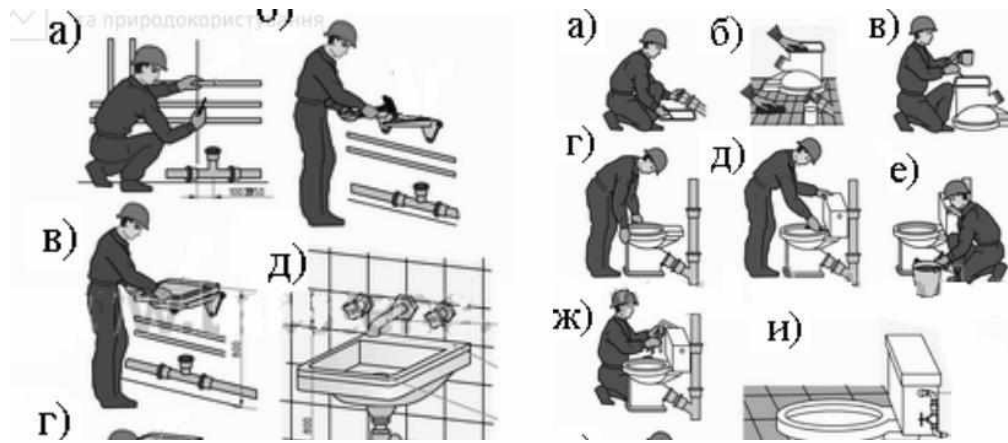


Рис. 7.2. Послідовність монтажу умивальника, мийки та унітаза

Умивальники і мийки встановлюють за розміткою з використанням кронштейнів, тумб або інших опор. Після механічного кріплення монтують змішувач, підводки води, сифон і випуск. Під час монтажу унітаза особливу увагу приділяють стійкості кріплення, герметичності випуску та правильній роботі змивного бачка.

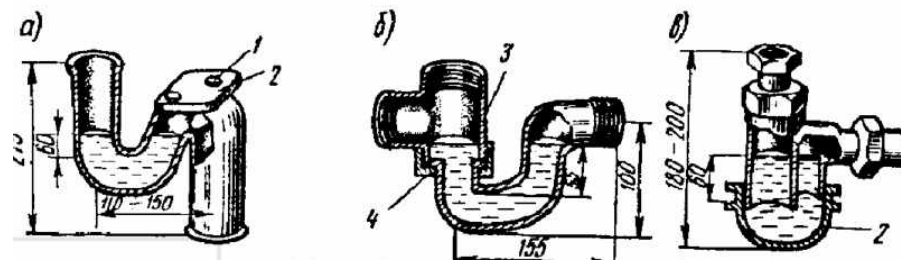


Рис. 7.3. Приклади монтажу гідравлічних затворів під санітарними приладами

Сифон встановлюють без перекосів, із герметичними ущільненнями та можливістю розбирання для очищення. Після підключення приладу через нього пропускають воду і перевіряють усі стики. Виявлені протікання усувають до введення приладу в експлуатацію.

7.3. Монтаж внутрішньої каналізації

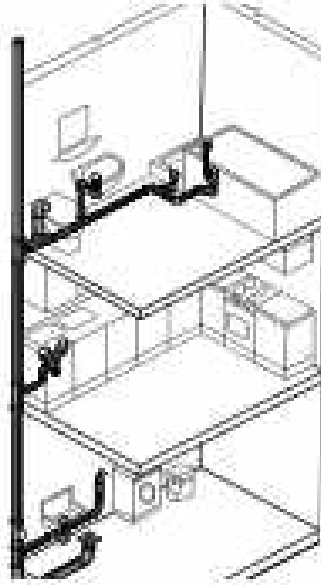


Рис. 7.4. Схема прокладання та кріплення внутрішнього каналізаційного трубопроводу

Відвідні трубопроводи монтують у напрямку від стояка до санітарних приладів або в іншій технологічно прийнятій послідовності з постійним контролем похилу. Стояки збирають вертикально, закріплюють до конструкцій і оснащують ревізіями. Переходи від вертикальних ділянок до горизонтальних виконують фасонними частинами, що забезпечують плавну зміну напрямку потоку.

7.4. Випробування та приймання

Після завершення монтажу водопровідну систему оглядають, промивають і випробовують. Гідростатичне випробування виконується водою, манометричне — стисненим повітрям. Під час перевірки контролюють герметичність труб, арматури та з'єднань і відсутність недопустимого зниження тиску.

Внутрішню каналізацію перевіряють на відсутність протікань у стиках труб, фасонних частин і приладів, правильність роботи гідравлічних затворів та здатність відвідних трубопроводів пропускати розрахункову кількість стоків. Одночасно перевіряють стійкість кріплень і відсутність механічних напружень у трубах.

Приймання системи завершує монтажний етап. До введення в експлуатацію усувають усі виявлені дефекти, перевіряють роботу запірної та регулювальної арматури, насосів, приладів обліку, санітарних приладів та інших елементів. Приховані ділянки повинні бути перевірені до їх закриття оздоблювальними конструкціями.

7.5. Транспортування, зберігання та безпека робіт

Труби, фасонні частини, ущільнення та санітарні прилади під час транспортування і зберігання захищають від механічних пошкоджень, забруднення та несприятливих впливів, здатних погіршити їх властивості. Полімерні деталі особливо потребують захисту від деформацій і пошкодження поверхонь, а крихкі санітарні вироби — від ударів.

Монтажні роботи виконують працівники, які пройшли відповідне навчання та інструктаж. Під час різання, зварювання, свердління, роботи з ручним та електричним інструментом використовують засоби індивідуального захисту. Особливу увагу приділяють роботам поблизу діючих комунікацій, у технічних підпіллях, шахтах та інших обмежених просторах.

Етап контролю	Що перевіряють	Результат
До монтажу	Комплектність матеріалів, відповідність трас і місць установлення	Готовність будівельної частини та обладнання
Під час монтажу	Положення труб, похили, кріплення, доступність арматури, якість з'єднань	Відповідність прийнятій схемі та технології
Перед закриттям прихованих ділянок	Герметичність і правильність виконання з'єднань	Можливість безпечного закриття конструкціями
Після монтажу	Промивання, випробування, робота приладів і арматури	Готовність системи до приймання
Під час приймання	Герметичність, працездатність, відсутність дефектів	Допуск системи до експлуатації

РОЗШИРЕНИЙ ТЕОРЕТИЧНИЙ МАТЕРІАЛ

7.6. Підготовка будівлі до монтажу

Монтаж внутрішніх інженерних систем починають із перевірки готовності будівельної частини: виконаних отворів і гільз, місць закріплення, доступу до шахт, технічних приміщень і умов виконання робіт. За кресленнями уточнюють траси трубопроводів та місця розташування приладів, а також перевіряють сумісність матеріалів, фасонних частин і з'єднань. Помилки підготовки спричиняють переробки й додаткові проходи через конструкції. [5, с. 15–20, 278–284]

Поняття **монтажної послідовності** означає не механічне встановлення обладнання у довільному порядку, а зв'язок між будівельними, заготівельними й сантехнічними операціями. Магістралі та стояки повинні бути скоординовані з місцями проходів, після чого встановлюють кінцеві прилади і виконують приєднання. Водночас доступ до вузлів, що підлягають випробуванню, не можна закривати до перевірки працездатності. [5, с. 15–20, 278–295]

Вхідний контроль включає перевірку відповідності поставлених труб і обладнання проєкту, цілісності корпусів, ущільнень і маркування. Дефект з'єднання або неправильний тип прокладки може призвести до протікання навіть за правильної геометрії труб. Питання транспортування і складського зберігання докладно вивчаються в самостійній роботі 5.4; у лекції вони розглядаються як частина забезпечення якості. [1, с. 85–93; 5, с. 279–285]

7.7. Точки технологічного контролю під час монтажу

Під час прокладання водопроводу контролюють положення осей, кріплення, стан з'єднань, доступність арматури та розташування труб відносно інших комунікацій. Для каналізації вирішальними є напрямок потоку, похил, правильність приєднання фасонних частин, відсутність небажаних провисань і доступ до ревізій. Результат монтажу перевіряють поетапно, а не лише після повного закриття інженерних шахт і оздоблення. [5, с. 15–29, 289–295]

Нерухома опора фіксує положення трубопроводу, **рухома** дозволяє передбачене температурне переміщення. Випадкова заміна типу кріплення може створити зайві напруження у трубі або її з'єднанні. У місцях проходження через перекриття і стіни враховують захист конструкцій, ущільнення проходу та вимоги відповідного вузла. Для різних матеріалів труб ці рішення відрізняються, тому застосовують сумісні монтажні комплекти. [1, с. 29–42; 5, с. 15–20]

На приладовому вузлі перевіряють не тільки зовнішній вигляд: важливі надійність закріплення, герметичність підведення води, правильність підключення сифона та доступ до обслуговування. Прикладом комплексного вузла є умивальник: він одночасно має монтажне кріплення, водорозбірний змішувач і каналізаційний випуск. Детальні технологічні кроки установки конкретних приладів відпрацьовуються в самостійній роботі 5.3, а лекція фіксує контрольні принципи. [1, с. 58–90]

7.8. Випробування як доказ працездатності

Випробування водопроводу перевіряє міцність і герметичність мережі у передбаченому режимі. На етапі підготовки переконуються, що вузли доступні для огляду, повітря може бути видалене з ділянок, а прилади, які не повинні зазнавати випробувального режиму, належно захищені або відключені. Умови і значення випробувального тиску приймають за проєктом та чинними вимогами для відповідного матеріалу і системи. [1, с. 91–93; 5, с. 29–31]

Перевірка каналізації спрямована на герметичність з'єднань, правильний відвід стоків та роботу гідрозатворів. Візуальний контроль не замінює фактичної

перевірки потоком води; відсутність протікання на неробочій сухій мережі ще не доводить її працездатності. Ревізії та прочистки повинні залишатися доступними і після введення системи в експлуатацію. [1, с. 91–93; 5, с. 294–295]

Результат перевірки важливо фіксувати. Для приймання потрібні відомості про об'єкт, перевірену ділянку, спосіб контролю, виявлені недоліки та їх усунення. Така документація пов'язує виконані монтажні операції з подальшим обслуговуванням. Конкретний склад актів і процедура приймання визначаються чинною нормативною та проектною документацією. [5, с. 29–31, 294–295]

7.9. Введення в експлуатацію й експлуатаційна доступність

Після успішного випробування систему готують до роботи: очищують, промивають відповідні водопровідні ділянки, перевіряють функції арматури, працездатність насосів, доступність засобів обліку та відсутність протікань. У каналізації перевіряють відвід води від усіх приєднаних приладів, стан сифонових затворів і правильність випуску. Пуск — це перехід від змонтованого обладнання до стабільної роботи системи. [1, с. 91–93; 5, с. 29–31, 294–295]

Ремонтопридатність формується ще під час проектування та монтажу: запірний клапан повинен бути доступним, лічильник — зручним для огляду, фільтр — для обслуговування, ревізія — для прочищення. Прихована прокладка може застосовуватися лише разом із продуманими люками та сервісними зонами. Для подальшої експлуатації важливо зберігати виконавчі схеми й документацію на прилади. [5, с. 15–20, 289–295]

7.10. Охорона праці і межі компетенції

Під час монтажу застосовують різання, свердління, механізоване кріплення та інші операції, для яких характерні механічні, електричні й організаційні ризики. Безпечна робота передбачає справний інструмент, підготовлене робоче місце, засоби індивідуального захисту, контроль доступу сторонніх осіб і дотримання технологічної документації. Окремо оцінюють ризики робіт на висоті, у технічних шахтах і під час переміщення габаритних елементів. [5, с. 15–29, 278–295]

Особливі вимоги мають роботи з газовими мережами, електроживленням насосів і вентиляційних агрегатів, а також випробування систем під тиском. Їх проводять уповноважені й належно підготовлені фахівці за відповідними процедурами. Навчальна робота з кресленням або формулою не надає права самостійно втручатися в діюче інженерне обладнання. [4, с. 141–151; 5, с. 29–31]

Контроль безпеки має виконуватися не лише перед початком роботи, а й за зміни умов: після перенесення робочого місця, зміни обладнання, виявлення дефекту чи

відхилення від креслення. Якісний монтаж означає одночасно дотримання технології, забезпечення працездатності та запобігання небезпечним діям під час виконання. [5, с. 278–295]

Таблиця 7.1. Поетапна перевірка якості монтажу

Етап	Об'єкт контролю	Навчальний результат
Вхідний контроль	Труби, ущільнення, арматура	Виявлено пошкоджені й невідповідні компоненти
До закриття трас	Положення, опори, проходи, з'єднання	Доступні місця прихованих дефектів
Випробування водопроводу	Міцність і герметичність	Підтверджено відсутність протікань
Перевірка каналізації	Відведення води та стики	Підтверджено працездатність
Приймання	Виконавчі матеріали та зауваження	Результат можна простежити документально



Рисунок 7.5 — Ревізія та прочистка як доступні елементи технічного контролю (за [5, с. 290], рис. 3.18).

Навчальні акценти. Матеріал цього розділу пояснює принципи роботи та взаємозв'язок елементів систем. Поглиблений добір конструкцій, окремі технологічні карти й числові розрахунки виконуються за відповідними темами самостійної роботи та практичними завданнями згідно з РНП.

Навчальна література до лекції: [1, с. 58–93; 4, с. 141–151; 5, с. 15–31, 278–295]

Висновки

- монтаж санітарно-технічних систем виконується за попередньо визначеною послідовністю з постійним контролем положення трубопроводів та обладнання;
- санітарні прилади після встановлення механічно закріплюють, під'єднують до водопроводу і каналізації та перевіряють на герметичність;
- самотпливні каналізаційні трубопроводи монтують із проєктними похилами та забезпечують доступ до ревізій і прочисток;
- водопровідні системи після монтажу промивають та випробовують на міцність і герметичність;

- каналізаційні системи перевіряють на протікання, пропускну здатність і правильність роботи гідравлічних затворів;
- якість транспортування, зберігання і безпека монтажних робіт є складовими надійної подальшої експлуатації систем.

Питання для самоконтролю

1. Яка загальна послідовність монтажу внутрішніх санітарно-технічних систем?
2. Що контролюють під час прокладання водопровідних труб?
3. Які операції виконують під час монтажу санітарного приладу?
4. Чому для каналізаційних труб важливо дотримуватися похилів?
5. Чим гідростатичне випробування відрізняється від манометричного?
6. Що перевіряють під час приймання внутрішньої каналізації?
7. Яких вимог потрібно дотримуватися під час транспортування і зберігання труб та приладів?

ВИКОРИСТАНА НАВЧАЛЬНА ЛІТЕРАТУРА

1. Пеховка М. В. (автор-упорядник). Водовідведення : навчальний посібник. 2019. 148 с.

2. Шадура В. О., Кравченко Н. В. Водопостачання та водовідведення : навчальний посібник. 2-ге вид., перероб. і доп. Рівне : НУВГП, 2023. 385 с.

3. Джеджула В. В. Вентиляція та кондиціонування громадських об'єктів : навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2021. 71 с.

4. Онищенко А. М., Кравчук А. М., Кравчук О. Я., Кравчук О. А., Беспалов Д. А. Водопостачання і водовідведення. Теплогазопостачання і вентиляція : навчальний посібник. Київ : Видавництво Людмила, 2024. 180 с.

5. Ткачук М. М., Филипчук В. Л., Якимчук Б. Н., Кириша Р. О. Будівництво зовнішніх мереж і монтаж санітарно-технічного обладнання будівель : навчальний посібник. Рівне : НУВГП, 2013. 391 с.

Додатково для ілюстрації лекції 2: Пономарчук І. А., Анохіна К. В. Опалення. Практикум : навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2020. 61 с.

Примітка. Навчальні рисунки відтворено з наданих посібників. Їхні числові параметри та нормативні посилання належать до відповідних видань; для реального проектування або монтажу застосовують чинну проектну та нормативну документацію.