

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

М.О.ШУЛЬГА, І.Л.ДЕРКАЧ, О.О.АЛЕКСАХІН

ІНЖЕНЕРНЕ ОБЛАДНАННЯ НАСЕЛЕНИХ МІСЦЬ

Підручник

Харків – ХНАМГ – 2007

УДК 711.8

М.О.Шульга, І.Л. Деркач, О.О.Алексахін. Інженерне обладнання населених місць: Підручник. – Харків: ХНАМГ, 2007. – 259 с.

Гриф надано МОН України, рішення № 14/18 – Г – 1766 від 22.10.07

У підручнику розглянуто інженерне обладнання населених місць, що включає системи тепло-, газо-, водо-, електропостачання і водовідведення. Для кожної з вказаних систем розглянуто питання класифікації, улаштування і роботи як у цілому, так і їх окремих елементів. Наведено методи розрахунків навантажень інженерних мереж і методи їх прокладки.

Розрахований на студентів спеціальності «Містобудування».

Рис. 97

Табл. 50

Бібл. 23

В учебнике рассмотрено инженерное оборудование населенных мест, которое включает системы тепло-, газо-, водо-, электроснабжения и водоотведение. Для каждой из указанных систем рассмотрены вопросы классификации, устройства и работы как в целом, так и их отдельных элементов. Приведены методы расчета нагрузок инженерных сетей и методы их прокладки.

Предназначен для студентов специальности «Градостроительство».

Рецензенти: д.т.н., професор, завідувач кафедри ВП і ВВ Харківської національної академії міського господарства **С.С.Душкін**;
д.т.н., професор кафедри ТГВ та ВЕР Харківського державного університету архітектури та будівництва **О.В.Шушляков**;
д.т.н., професор кафедри теплотехніки Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» **В.С.Фокін**.

© М.О.Шульга, І.Л. Деркач, О.О.Алексахін, ХНАМГ, 2007

ISBN 966 – 695 – 089 – 8

ЗМІСТ

	Стор.
Вступ	5
Розділ 1. Водопостачання	7
1.1. Призначення і класифікація систем водопостачання	7
1.2. Джерела та схеми водопостачання міст і промислових підприємств	7
1.3. Інженерні споруди систем водопостачання	11
1.3.1. Водозабірні споруди	11
1.3.2. Водопідйомні пристрої	16
1.4. Очистка й знезаражування води	20
1.5. Улаштування зовнішніх водяних мереж	29
1.6. Норми і режим водоспоживання	36
1.7. Розрахунок витрат води на побутово-господарчі потреби	38
1.8. Визначення розрахункових витрат та вільного напору води	41
1.9. Основні відомості по розрахунку водопровідних мереж	45
1.10. Схеми трасування й методи прокладання водопровідних мереж	49
Приклади розрахунків	52
Контрольні запитання.....	54
Розділ 2. Каналізація.....	57
2.1. Призначення та класифікація систем каналізації	57
2.2. Склад забруднень і методи очистки стічних вод	64
2.3. Визначення розрахункових витрат стічних вод	74
2.3.1. Визначення розрахункових витрат побутових стічних вод	75
2.3.2. Визначення розрахункових витрат дощових вод	76
2.4. Принцип розрахунку каналізаційної мережі	79
2.5. Режим руху стічної рідини	80
2.6. Улаштування каналізаційних мереж	83
2.7. Трасування каналізаційних мереж	87
Приклади розрахунків	92
Контрольні запитання	94
Розділ 3. Теплопостачання	95
3.1. Призначення, класифікація, улаштування і робота системи теплопостачання	95
3.2. Розрахунок теплових навантажень системи теплопостачання населених пунктів	99
3.3. Джерела теплопостачання	103
3.4. Теплові пункти	129
3.5. Приєднання споживачів теплової енергії до системи теплопостачання	133
3.6. Насосні станції	137
3.7. Теплові мережі	140
Приклади розрахунків	158
Контрольні запитання	170

Розділ 4. Електропостачання міст	172
4.1. Призначення та класифікація систем електропостачання міст ...	172
4.2. Джерела і режими електропостачання	173
4.3. Схеми міських електричних мереж та електроприймачі споживачів	178
4.4. Лінії електропередачі та основні елементи їх влаштування	182
4.5. Споживачі електричної енергії	185
4.6. Витрата електричної енергії. Задачі і методи розрахунку електричних навантажень	186
4.6.1. Витрата електричної енергії	186
4.6.2. Задачі й методи розрахунку електричних навантажень	189
4.7. Методи прокладання електричних мереж	194
4.8. Особливості трасування, прокладки і влаштування телефонних кабельних мереж	199
Приклади розрахунків	202
Контрольні запитання	203
Розділ 5. Газопостачання міст	204
5.1. Призначення та класифікація систем газопостачання	204
5.2. Джерела газопостачання	208
5.3. Обладнання мереж газопостачання	211
5.4. Улаштування газових мереж	216
5.5. Приєднання споживачів газу до систем газопостачання	224
5.6. Розрахунок газових навантажень систем газопостачання населених пунктів. Гідравлічний розрахунок газових мереж	226
5.7. Методи прокладання газових мереж	238
Приклади розрахунків	244
Контрольні запитання	249
Список літератури	250
Предметний покажчик	252

Вступ

Містобудування комплексно вирішує соціально-економічні, санітарно-гігієнічні, екологічні, будівельні, транспортні й архітектурно-художні завдання. У зв'язку з цим необхідно вивчити інженерно-геологічні й кліматичні умови території будівництва, вибір систем життєзабезпечення, визначити засоби сучасної техніки, вибрати раціональні методи трасування, прокладання інженерних мереж і розміщення інженерних комунікаційних споруд, що забезпечують нормальну роботу всіх мереж.

Головним завданням при розвитку систем інженерного обладнання, що відповідає вимогам комфортності в різних природнокліматичних умовах, є виявлення резервів економії водних і паливно-енергетичних ресурсів з урахуванням вимог раціонального природокористування.

У комплексі містобудування інженерне обладнання населених місць є одним з важливіших компонентів і включає системи теплопостачання, електропостачання, водопостачання, водовідведення, газопостачання.

Завдяки ефективній роботі цих систем забезпечуються потреби населення в комфортному проживанні, роботі й відпочинку.

Улаштування вказаних систем базується на законах України «Про основи містобудування», «Про теплопостачання», «Про нафту і газ», «Про енергозбереження», «Загальнодержавна Програма «Питна вода України» на 2006-2020 роки», «Загальнодержавна Програма реформування і розвитку житлово-комунального господарства на 2003-2010 роки», а також державних будівельних нормах, посилання на які наведені у відповідних розділах і списку літератури.

У першому розділі розглянуто питання призначення і класифікація систем водопостачання, улаштування водозабірних, водопідйомних споруд і установок для очистки і знезаражування води, зовнішніх водяних мереж. Наведені норми і режими водопостачання, методики розрахунку витрат води і водопровідних мереж, а також схеми і методи їх прокладання.

Другий розділ присвячений розгляду питань призначення, класифікації, улаштування, роботи систем каналізації, приведено склад забруднень, методи і обладнання для очистки стічних вод, а також розрахунок і трасування каналізаційних мереж.

У третьому розділі розглянуто питання призначення, класифікації, улаштування і роботи систем тепlopостачання, їх основних елементів і джерел тепlopостачання, теплових мереж, центральних теплових пунктів, насосних станцій; наведено розрахунок теплових навантажень систем тепlopостачання населених пунктів.

Четвертий розділ включає питання класифікації, влаштування і розрахунку систем електропостачання. Розглянуто джерела і режими електропостачання, схеми міських електричних мереж і електроприймачів споживачів, методи розрахунку електричних навантажень, а також методи трасування, прокладки, влаштування електричних і телефонних кабельних мереж.

У п'ятому розділі розглянуто питання призначення, класифікації систем газопостачання, влаштування мереж газопостачання, приєднання споживачів до мереж, а також наведено методикку розрахунків газових навантажень систем газопостачання та гідравлічного розрахунку газових мереж.

Підручник написано у відповідності до навчального плану спеціаліста за фахом «Містобудування» і навчальної програми з дисципліни «Інженерне обладнання населених місць». Він допомагає майбутнім спеціалістам в освоєнні розглянутої області знань, дозволяє приймати технічно та економічно обґрунтовані рішення з економії матеріально-технічних і енергетичних ресурсів.

1. ВОДОПОСТАЧАННЯ

1.1. Призначення і класифікація систем водопостачання

Системи водопостачання – це комплекс інженерних споруд, які призначені для забору води з джерела водопостачання, її очищення, зберігання і подачі до споживача.

За видами використаних природних джерел розрізняють водопроводи, що забирають воду з поверхневих джерел – річок, водосховищ, озер, морів, і водопроводи, що забирають воду з підземних джерел (артезіанських, джерельних). Існують також водопроводи змішаного живлення.

За видами об'єкта, що обслуговується, системи водопостачання поділяють на міські, промислові, сільськогосподарські і т. ін..

За призначенням системи водопостачання поділяють на господарсько-питні, виробничі, протипожежні.

За способом подачі води розрізняють самотечні й водопроводи з механічною подачею.

На основі техніко-економічних розрахунків часто влаштовують з'єднані системи водопостачання: господарсько-протипожежні, виробничо-протипожежні або виробничо-господарсько-протипожежні.

Системи водопостачання можуть обслуговувати як один об'єкт, наприклад місто або підприємство, так і декілька об'єктів. У випадках, коли окремі частини території мають значну різницю у відмітках, влаштовують зонні системи водопостачання.

1.2. Джерела та схеми водопостачання міст і промислових підприємств

Джерела водопостачання бувають закритого (підземні) й відкритого (поверхневі) типу.

До підземних джерел водопостачання відносяться підземні води, які утворюються внаслідок проникнення в землю атмосферних і поверхневих вод. Підземні води можуть бути безнапірними й напірними (артезіанськими). Безнапірні під'йомні води першого від поверхні водоносного горизонту, викритого колодзями К1 на рис. 1.1, називаються ґрунтовими. Ґрунтові води характеризуються підвищеним забрудненням, тому повинні бути очищені.

Напірні (артезіанські) води заповнюють водоносні горизонти повністю. Артезіанські води, як правило, характеризуються високою якістю і можуть використовуватись без очищення.

Прикладом напірних вод може служити вода у водоносному горизонті викритому колодзями К3 й К4 (рис. 1.1).

У колодязі, який відкриває напірний водоносний горизонт, вода підіймається до п'езометричної лінії. Якщо п'езометрична лінія проходить вище поверхні землі, спостерігається виливання води з колодязя (колодязь К3 на рис. 1.1). Такі колодязі називаються самовиливними. Безнапірні й напірні води можуть виходити на поверхню (джерела).

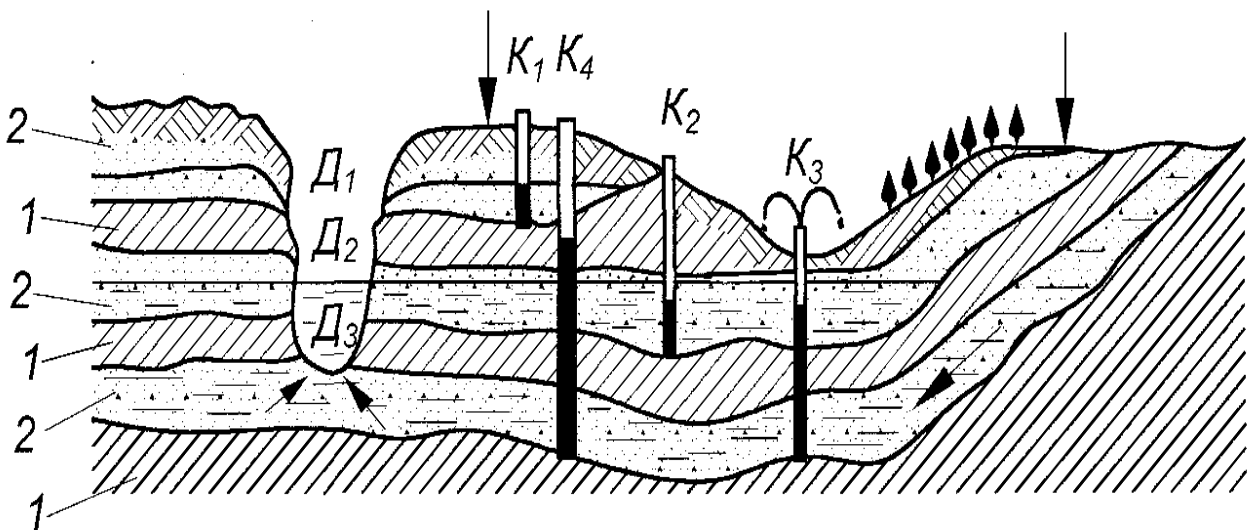


Рис. 1.1 - Схема утворення і залягання підземних вод:

1 – водоупорні породи; 2 – водоносні породи; К1-К4 – колодязі; Д1-Д3 – джерела.

До поверхневих джерел водопостачання відносять ріки, водосховища. Морська вода після опріснення може також використовуватись для

господарсько-питних потреб. Вибір джерела водопостачання залежить від якості води та його потужності.

Схема водопостачання міста залежить від виду джерела водопостачання.

На рис. 1.2 наведена схема водопостачання міста з забором води із ріки. Річна вода надходить до водозабірної споруди, з якої насосами станції першого під'йому подається на очисні споруди. Очищена вода надходить до резервуарів чистої води, відкіля забирається насосами станції другого під'йому для подачі по водоводам і магістральним трубопроводам до водопровідної мережі міста. Водонапірна башта, яка звичайно розташовується на підвищенні, також, як й резервуари чистої води, служить для зберігання й акумулювання запасів води.

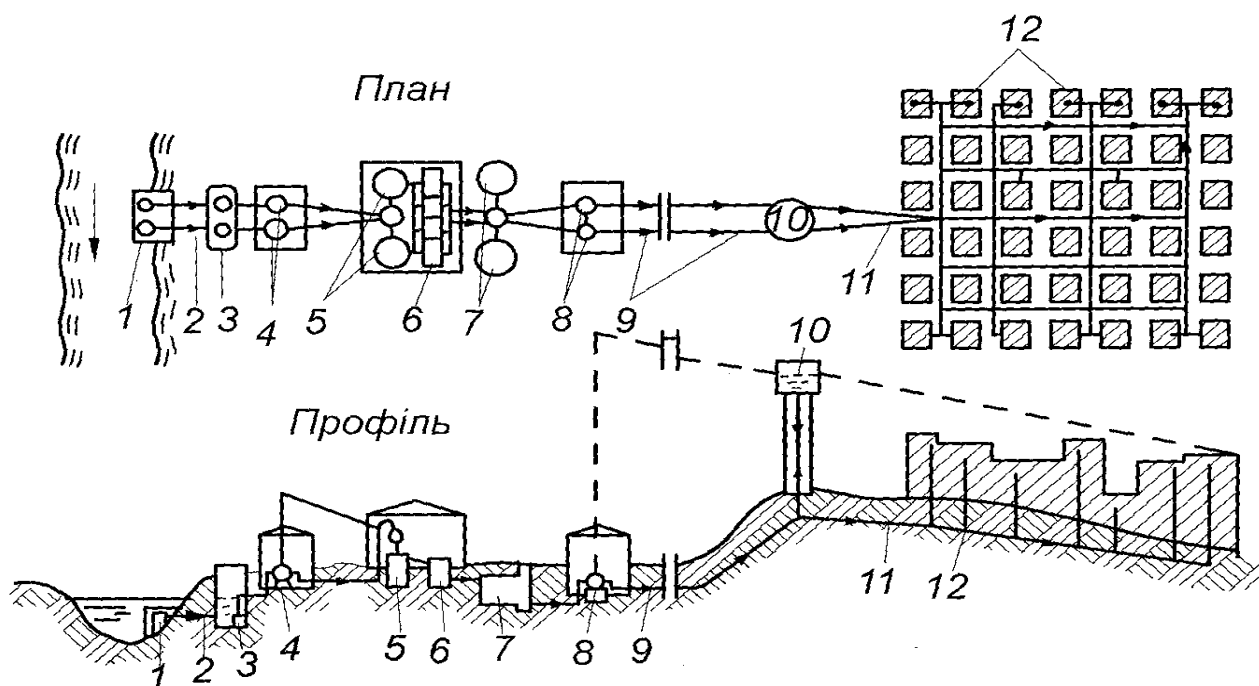


Рис. 1.2 - Схема водопостачання міста:

1 – водоприймач; 2 – самотічна труба; 3 – береговий колодязь; 4 – насоси станції першого під'йому; 5 – відстійники; 6 – фільтри; 7 – запасні резервуари чистої води; 8 – насоси станції другого під'йому; 9 – водоводи; 10 – водонапірна башта; 11 – магістральні трубопроводи; 12 – розподільчі трубопроводи.

При використанні у якості джерела водопостачання підземних вод схема водопостачання значно спрощується. У цьому випадку очисні споруди звичайно не потрібні – підземні води часто не потребують очищення. У деяких випадках не влаштовують також резервуарів чистої води і насосної станції

другого під'йому, тому що вода може подаватись до мережі насосами, встановленими у бурових свердловинах.

Промислові підприємства, які відрізняються різноманітністю технологічних операцій, які споживають для окремих процесів воду різної якості, які потребують подачі її під різними тисками, мають складні схеми водопостачання. Промислові підприємства, які розташовані на території сучасного міста, звичайно отримують господарсько-питну воду безпосередньо з міського водопроводу.

Водопостачання промислових підприємств може бути прямоточним, оборотним й з послідовним використанням води. На рис. 1.3 наведена схема прямоточного водопостачання підприємства. Насосна станція 4, яка розташована поблизу водозабірної споруди 5, подає воду для виробничих потреб по мережі 2 до цеху 1. Для господарсько-протипожежних потреб селища 6 й цехів 1 насосна станція 4 подає воду в самостійну мережу 7. Попередньо воду очищують на очисних спорудах 3.

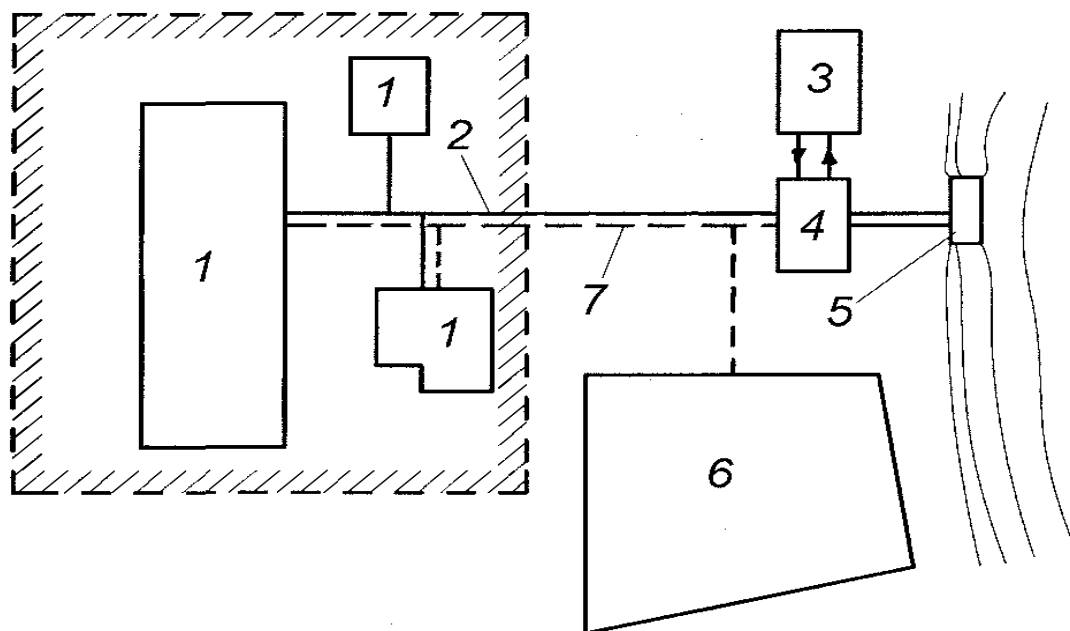


Рис. 1.3 - Схема прямоточного водопостачання підприємства

На ряді підприємств (хімічні, металургійні та ін.) воду застосовують для потреб охолодження і вона майже не забруднюється, а лише нагрівається.

На рис. 1.4 наведена схема оборотного водопостачання підприємства. Нагріту воду по самотічному трубопроводу 10 подають до насосної станції 2, відквіля насосами 7 перекачують по трубопроводу 3 на спеціальні споруди 4, призначені для охолодження води (бризкальні басейни або градирні). Охолоджену воду по самотічному трубопроводу 6 повертають до насосної станції 2 і насосами 8 по напірним трубопроводам 9 спрямовують до цехів. При оборотному водопостачанні частина води (3-5 % від загальної витрати) втрачається. Для відновлення втрат води до мережі подають чисту воду по трубопроводу 5.

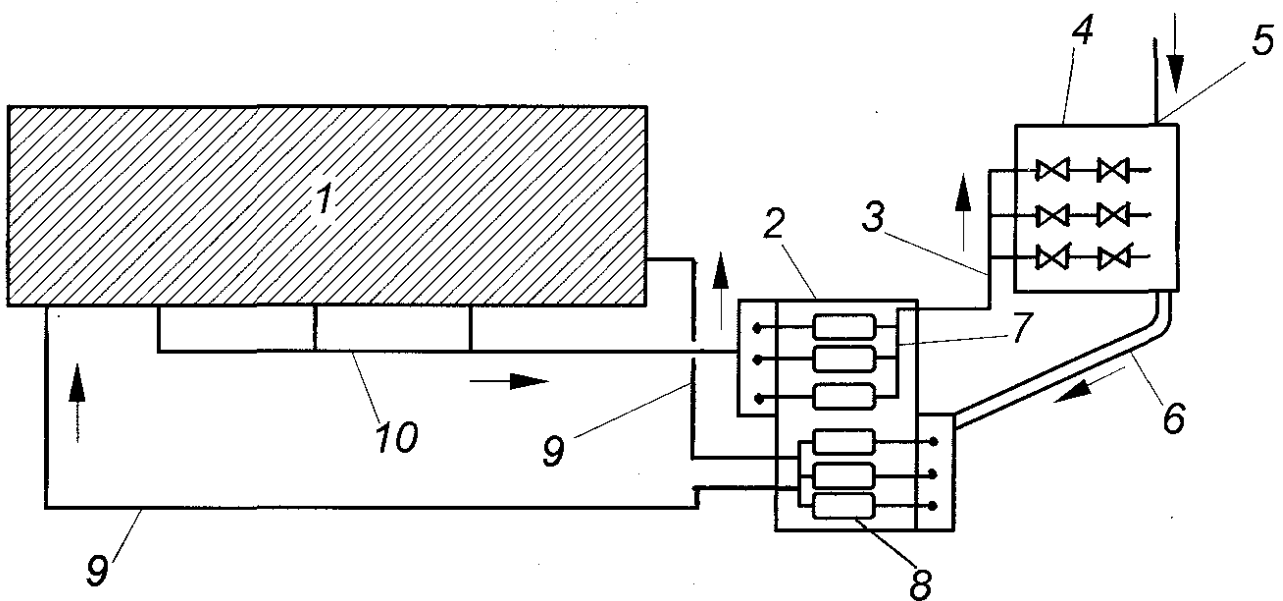


Рис. 1.4 - Схема оборотного водопостачання промислового підприємства

Схему водопостачання з вторинним використанням води застосовують у тих випадках, коли воду, що скидають після одного технологічного циклу, можна використовувати у другому, а іноді й у третьому технологічному циклі.

1.3. Інженерні споруди систем водопостачання

1.3.1. Водозабірні споруди

Вибір типу споруди для приймання підземних вод залежить в основному від глибини їх залягання й потужності водоносного горизонту. Споруди для

приймання підземних вод поділяють на водозабірні свердловини, шахтні колодязі, горизонтальні водозабори, каптажні камери.

Водозабірні свердловини служать для приймання безнапірних й напірних підземних вод, які залягають на глибині більше 10 м. Водозабірні свердловини влаштовують шляхом буріння в землі свердловини, стінки якої кріплять обсадними сталевими трубами. По мірі занурення свердловини діаметр обсадних труб зменшується. В результаті свердловина набуває телескопічної форми. Концентричні зазори між окремими обсадними трубами тампонує цементним розчином. У скелевих ґрунтах стінки свердловини обсадними трубами не кріплять. Над верхом свердловини роблять залізобетонну або цеглову камеру. У нижній частині встановлюють фільтр, який складається з над фільтрової водоприймальної й відстійної частин. Застосовують фільтри таких типів: дірчасті, щілеві, сітчасті, гравійні. Спосіб отримання води із свердловини залежить від глибини залягання динамічного рівня води. При самовиливанні воду із свердловини відводять самотіком до збірного резервуару, з якого відсмоктують насосами. При глибокому зануренні динамічного рівня (більше 20 м від поверхні землі) кожен водозабірну свердловину обладнують насосом.

Шахтні колодязі служать для підземних вод, які залягають на глибині не більше 30 м. Шахтні колодязі будують опускним способом, тому вони мають круглу форму в плані. Дно колодязя влаштоване у вигляді зворотного фільтра шляхом шарового засипання крупнозернистих матеріалів з поступовим збільшенням крупності зерен знизу доверху (рис. 1.5). У бокових стінках створюють водоприймальні отвори шляхом закладання в них труб при бетонуванні.

Округ колодязів рекомендується робити глиняний замок й відмостку із каменя на піщаній основі. Стінки колодязя будують вище поверхні землі не менше ніж на 0,8 м з метою виключення забруднення і надходження поверхневих стоків. Для отримання значних витрат води влаштовують декілька шахтних колодязів, які розташовують перпендикулярно напрямку потоку

грунтових вод. Воду із колодязів відводять до збірного колодязю, з якого перекачують насосами на очисні споруди або споживачам.

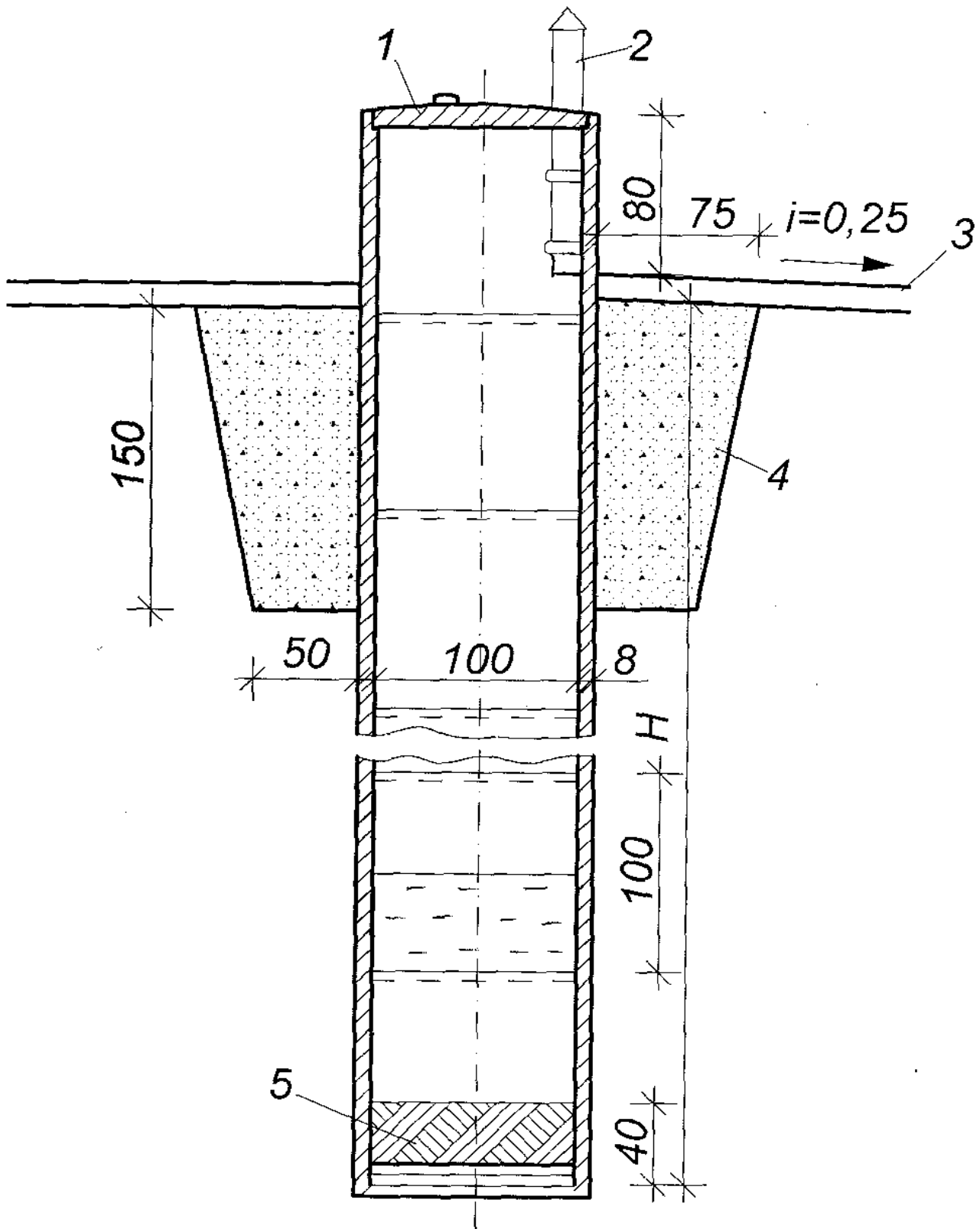


Рис. 1.5 - Шахтний колодязь із залізобетонних кілець
 1 – залізобетонна кришка; 2 – вентиляційна труба діаметром 150 мм;
 3 – відмостка щебенем; 4 – глина; 5 – зворотний фільтр

Горизонтальні водозабори влаштовують для приймання ґрунтових вод, які залягають на невеликій глибині (до 8 м), при малій потужності водоносного горизонту й виконують їх з залізобетонних або керамічних труб з круглими або щілевими отворами. Для запобігання вимивання водою частинок ґрунту до водозаборів їх обсипають піщано-гравійним завантаженням, що фільтрує.

Використання джерельної води для мети водопостачання (каптаж джерел) здійснюється за допомогою каптажних камер по типу шахтних колодязів. Для збільшення водоприймальної поверхні каптаж здійснюється у вигляді горизонтальних водозаборів.

Споруди для приймання води з поверхневих джерел повинні забезпечувати безперебійне постачання споживачів водою високої якості, що залежить від вибору місця розташування (в плані й по глибині), типу їх конструкції.

Водозабірні споруди на річках за конструкцією можуть бути поділені на такі типи: берегові (роздільні або сумісні з насосною станцією); руслові (з самотічними лініями); спеціальні (ковшові, інфільтраційні, із горних річок і т. ін.).

Водозабірні споруди берегового типу влаштовують при порівняно крутих берегах річок. Принципова схема водозабору цього типу показано на рис. 1.6. Водозабірна споруда складається з водоприймального берегового колодязю і насосної станції.

Водоприймальний колодязь поділяється на окремі секції, число яких приймається рівним двом або числу засмоктуючих ліній. Кожна секція водоприймального колодязю поділена перегородкою на дві камери: приймальну 1 і всмоктуючу 2, куди опускаються всмоктуючі труби 3 насосів 4. Вода із ріки надходить до приймальної камери через отвори, які обладнані з зовнішнього боку решітками, а з внутрішнього боку – затворами дросельного або шайбового типу. Решітки виконують із вертикальних сталевих стержнів з поперечним перерізом прямокутної або круглої форми з зазором між ними 40-50 мм. Крупні водозабірні споруди обладнують сітками, що обертаються, з

безперервною промивкою в отворі перегородки між приймальною і засмоктуючою камерами для попереднього очищення. Верх водоприймального колодязю повинен бути вищим самого високого рівня не менш ніж на 0,5 м.

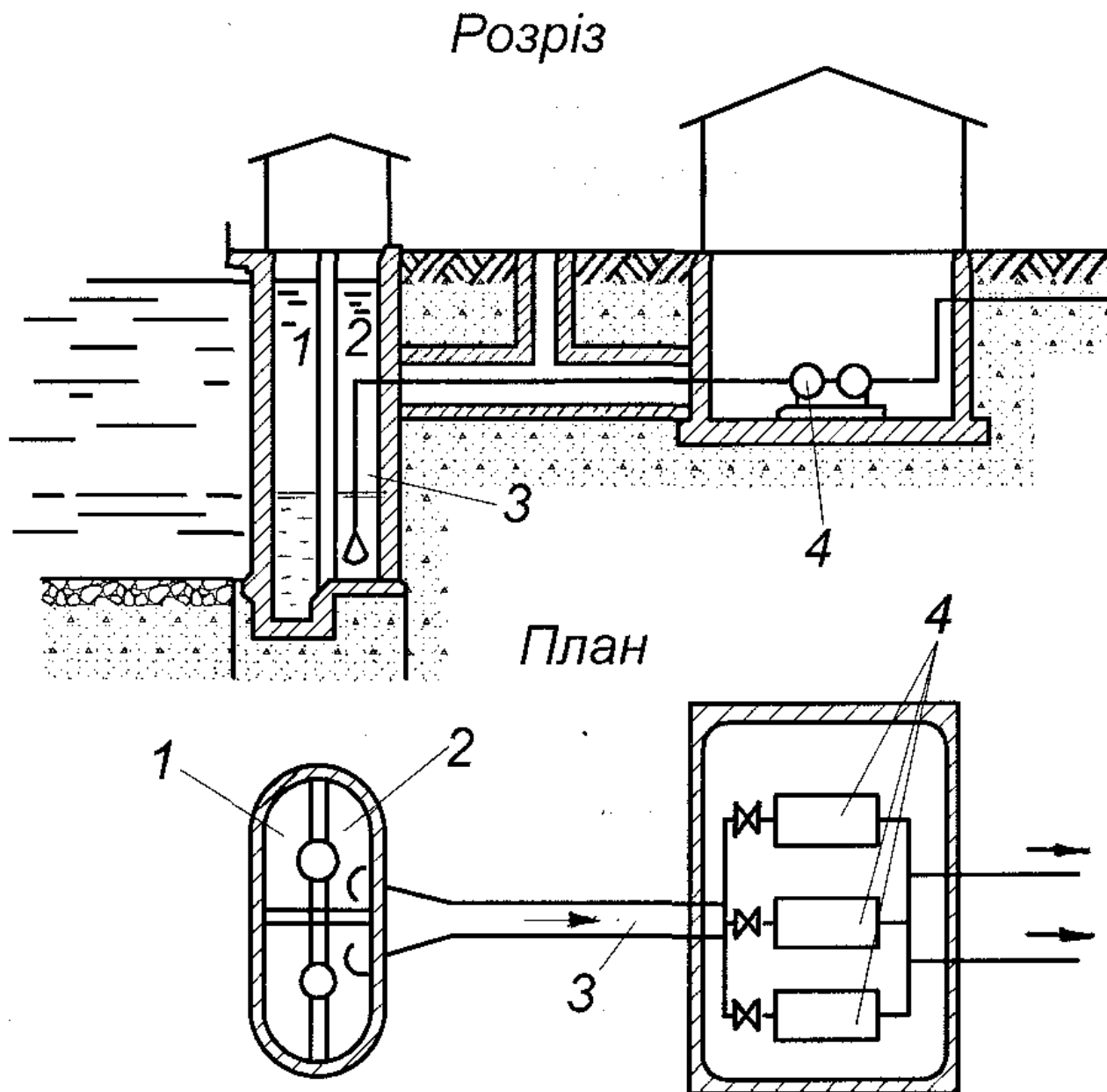


Рис. 1.6 - Схема роздільної водозабірної споруди берегового типу

Водозабірні споруди руслового типу влаштовують при пологих берегах, слабких ґрунтах й малих глибинах води у річці. Водозабір руслового типу складається з оголовку, самотічних ліній, берегового колодязю і насосної станції. Вода надходить до берегового колодязю по самотічним лініям. Подальший рух води аналогічний її руху у водозаборі берегового типу.

При високій мутності води її забирають не безпосередньо з річки, а із штучної затоки, тобто ковша. Розміри ковша визначають із умов випадіння звисів. Проточну швидкість в них приймають рівною 0,05-0,2 м/с. Ковші можуть бути з низовим входом – проти течії, а ківш з верхнім входом живиться поверхневими струями. Ківш з верхнім входом застосовують для освітлення води.

Інфільтраційні водозабірні споруди представляють собою свердловини, шахтні колодязі або горизонтальні водозабори, які розташовують вздовж річки з піщаними берегами. Такі водозабори живляться річною водою, яка фільтрується крізь товщину ґрунту.

Пересувний водозабір представляє собою насосну станцію легкого типу, яка може пересуватись відповідно зміні рівня води у річці.

1.3.2. Водопідйомні пристрої

Відцентрові насоси

Основним робочим елементом відцентрового насосу (рис. 1.7) є робоче колесо 1 з вигнутими лопастями 2, які розташовані на валу усередині корпусу 3. Корпус насосу з'єднаний з всмоктуючим 4 та нагнітальним трубопроводами 5. При обертанні робочого колеса вода, яка знаходиться між лопастями, під дією відцентрової сили відкидається до периферії, виходить в спіральну камеру і далі до нагнітального трубопроводу 5. У центральній частині насосу перед входом в робоче колесо, виникає розрідження й вода під дією атмосферного тиску спрямовується із джерела по всмоктуючому трубопроводу 4 до насосу.

Відцентрові насоси класифікують за рядом ознак.

За напором розрізняють низьконапірні (від 20 м), середньо напірні (від 20 до 60 м) й високо напірні (більше 60 м).

За кількістю коліс насоси поділяють на одноколісні й багатокілісні.

За розташуванням валу насоси бувають горизонтальні й вертикальні. Для нормальної роботи відцентрових насосів вакуум в їх всмоктуючому патрубці

не повинен перевищувати означеної величини, яка залежить від їх конструкції, частоти обертання колеса та інших параметрів. Цю величину називають припустимою вакууметричною висотою всмоктування. Припустима вакууметрична висота всмоктування вказується в каталогах насосів і звичайно не перевищує 6-7 м.

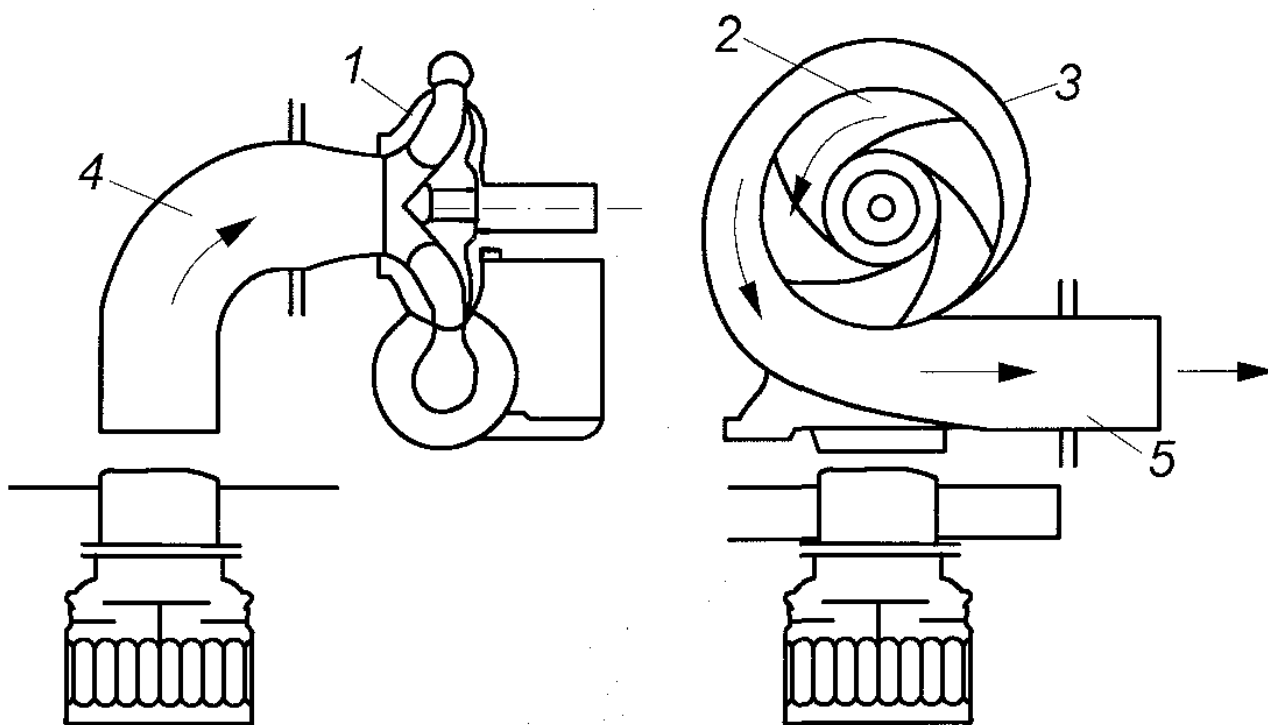


Рис. 1.7 - Схема відцентрового насосу

При проектуванні насосних установок розрізняють геометричну висоту всмоктування $H_{г.вс.}$ та вакууметричну висоту всмоктування $H_{вак.}$.

Геометрична висота всмоктування – це різниця відміток центру колеса та рівня води у джерелі.

Вакууметрична висота всмоктування складається з геометричної висоти всмоктування, втрат напору у всмоктуючому трубопроводі $h_{втр.вс.}$ та швидкісного напору при вході в насос $v^2/2g$.

Вакууметрична висота всмоктування для запобігання кавітації не повинна перевищувати допустимої вакууметричної висоти всмоктування, тобто

$$H_{вак.} = H_{г.вс.} + h_{втр.вс.} + \frac{v^2}{2g} \leq H_{вак.}^{доп.} \quad (1.1)$$

Повний напір H , який повинен утворювати відцентровий насос, складається із таких величини: геометричної висоти всмоктування $H_{г.вс}$, геометричної висоти нагнітання $H_{г.н}$, втрат напору у всмоктуючому трубопроводі (з арматурою) $h_{втр.вс}$, втрат напору в напірному трубопроводі (з арматурою) $h_{втр.н}$.

Значить

$$H = H_{г.вс} + H_{г.н} + h_{втр.вс} + h_{втр.н} \quad (1.2)$$

Корисна (ефективна) потужність насосу, кВт, виражається співвідношенням

$$N_n = \rho g Q H / 1000, \quad (1.3)$$

де ρ – щільність рідини, g – прискорення вільного падіння, Q – подача насосу, H – робочий (повний) напір насосу, м.

Потужність на валу насосу, кВт:

$$N = \frac{\rho \cdot g \cdot Q \cdot H}{1000 \cdot \eta}, \quad (1.4)$$

де η – повний коефіцієнт корисної дії насосу.

Повний коефіцієнт корисної дії враховує гідравлічні, об'ємні й механічні втрати.

На рис. 1.8 наведені робочі характеристики насосу. Точка 1 характеристики Q - η називається оптимальною точкою, тобто точкою, яка відповідає оптимальному режиму роботи насосу.

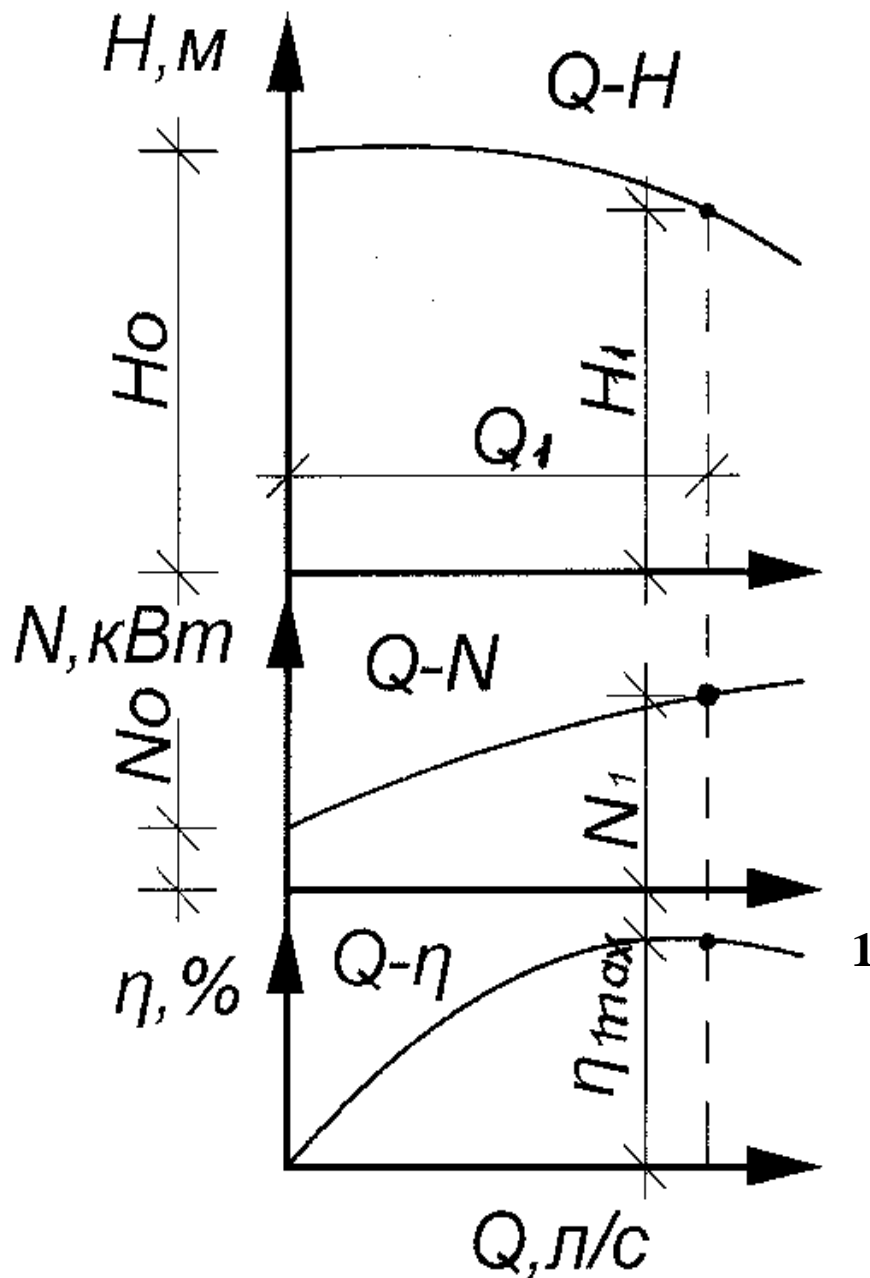


Рис. 1.8 - Робочі характеристики відцентрового насосу

Повітряні водопідйомники (ерлфільтри) і гідроелеватори

Для забору води із свердловини іноді застосовують повітряні водопідйомники (ерлфіти). До водопідйомної труби через форсунку від компресора подається стисле повітря. Водоповітряна суміш підіймається по водопідйомній трубі і виливається в приймальний бак.

Дія гідроелеватора базується на принципі передачі кінетичної енергії від одного потоку рідини іншому, який має меншу кінетичну енергію.

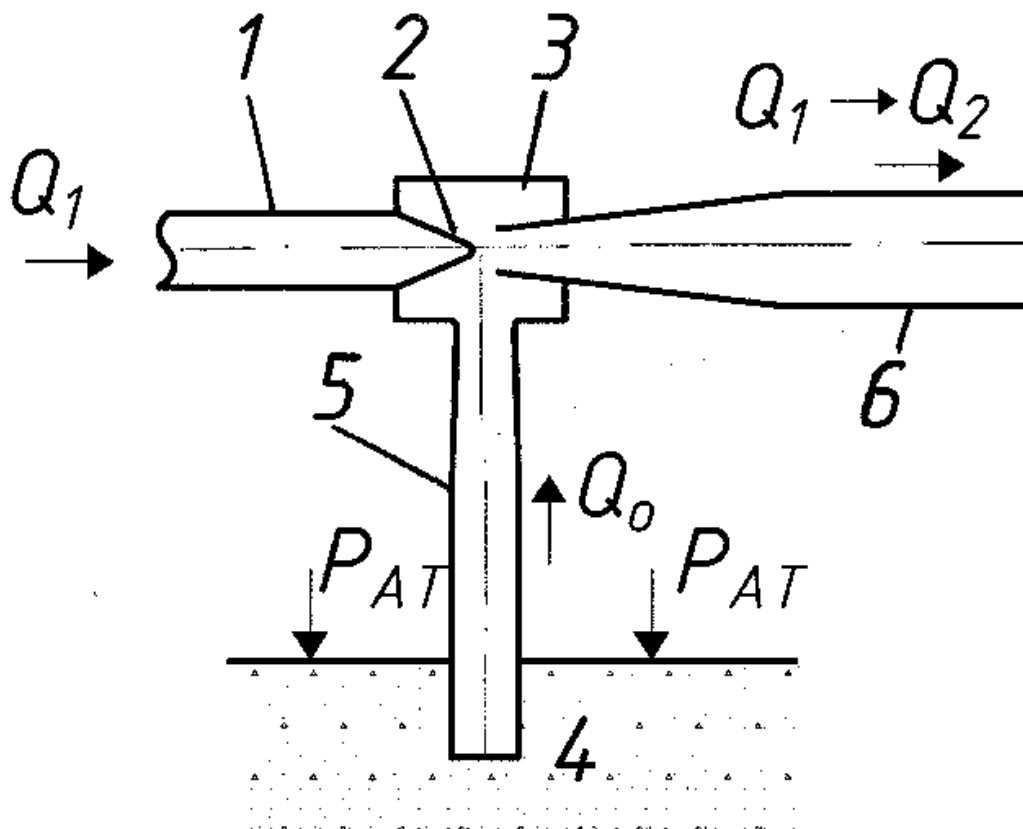


Рис. 1.9 - Схема гідроелеватора

У гідроелеваторі вода під напором подається по трубі 1, проходить звуження 2 й надходить до змішувальної камери 3, у якій із-за великої швидкості потоку у звуженні створює тиск, менший атмосферного (вакуум). В результаті вода із резервуару 4 під дією атмосферного тиску на її поверхню підіймається по трубі 5 в камеру 3, відкілья спрямовується до дифузору, де швидкість потоку зменшується і збільшується статичний напір його, із-за чого вода пересувається по напірному трубопроводу 6.

1.4. Очистка й знезаражування води

Властивості води і вимоги до її якості

Склад природних вод різноманітний і представляє собою систему, яка постійно змінюється, яка вміщує мінеральні й органічні речовини у зв'язаному, колоїдному і розчиненому стані.

Якість води характеризується її фізичними, хімічними і бактеріологічними властивостями.

До фізичних властивостей води відносяться її температура, кольоровість, мутність, прикус і запах.

Температура води залежить від джерела водопостачання. Під кольоровістю мають її офарблення, яке виражається у градусах кольоровості за платиново-кобальтовою шкалою. Один градус цієї шкали відповідає 1 л води, фарбленої 1 мг порошку платини. Мутність визначається вмістом у воді звішених частинок і виражається у мг/л.

Прикус і запах води залежить від джерела.

Хімічні властивості води характеризуються наступними показниками: активною реакцією, жорсткістю, окисленістю, вмістом розчинених солей.

Активна реакція води визначається концентрацією іонів і виражається через рН. При рН=7 середовище нейтральне, при рН<7 середовище кисле, а при рН>7 середовище щелочне.

Жорсткість води визначається вмістом у ній солей кальцію і магнію. Вона виражається у мг-екв/л. Розрізняють жорсткість карбонатну, не карбонатну і загальну (їх сума). Карбонатна жорсткість характеризується вмістом карбонатних солей кальцію, не карбонатна жорсткість – вмістом не карбонатних солей кальцію і магнію. Особливо велика жорсткість морської води.

Окисленість обумовлюється вмістом у воді розчинених органічних речовин.

Вміст у воді розчинених солей у мг/л характеризується щільним осадком.

Ступінь бактеріологічного забруднення води визначається кількістю бактерій, яка вміщується у 1 см³ води.

Розрізняють патогенні (хвороботворні) і сапрофітні бактерії. Для оцінки ступеня забруднення води патогенними бактеріями визначають вміст у ній кишкової палички. Бактеріальне забруднення води вимірюють коли-титром і

коли-індексом. Коли-титр – об'єм води у см³, в якому вміщується одна кишкова паличка. Коли-індекс – кількість кишкових паличок, які вміщуються у 1 л води.

Вимоги до якості питної води визначаються ГОСТ. Вимоги до якості виробничої води залежать від характеру виробництва.

Методи очистки води

Метод очистки води і склад очисних споруд залежать від якості води у джерелі водопостачання, призначення водопроводу й місцевих умов. До найбільш розповсюджених методів очистки відносяться освітлення й знезаражування.

Освітлення здійснюється відстоюванням води у відстійниках, пропуском її через звішений шар осадку в освітлювачах і фільтруванням через зернисте завантаження у фільтрах. Для покращення процесу застосовують коагулювання.

Знезаражування води виконується з метою знищення бактерій, головним чином патогенних. Найбільш розповсюдженим способом знезаражування є хлорування, озонування й бактерицидне опромінювання.

Іноді застосовується спеціальна обробка води. Так, підземні води, які вміщують багато марганцю, заліза підлягають видаленню заліза й марганцю. Вода деяких джерел пом'якшується, обезсолюється або дегазується. Іноді для запобігання корозії труб здійснюється стабілізація води шляхом додавання до неї хімічних реагентів.

Таким чином, очисні споруди представляють собою комплекс споруд, в яких вода підлягає очищенню, набуваючи якості і властивостей, необхідних споживачу.

Коагулювання і відстоювання води

Для збільшення дрібнодисперсних частинок з метою збільшення швидкості їх осадження і здібності утримуватись пористими фільтруючими матеріалами застосовують коагулювання. У якості коагуляторів частіше

застосовують серно кислий алюміній, серно кисле залізо, хлорне залізо. У результаті гідролізу цих солей утворюються гідрати окислів алюмінію або залізо, яке представляє собою позитивно заряджені колоїди. Для прискорення процесу коагулювання до води додають флокулянти – поліакриламід або активну кремнекислоту.

Для рівномірного пересування коагулянту з усією масою води служать змішувачі, які бувають перегородчасті, дірчасті й вихрові.

У камерах створення пластівців відбувається утворення пластівців у процесі повільного пересування води з розчином коагулянту.

Камери створення пластівців бувають перегородчасті, лопатні, вихрові.

Процес відстоювання оснований на тому, що при малих швидкостях руху води звішені у ній частини під дією сили тяжіння осаджуються на дно. Швидкість осадження частинок залежить від їх розмірів, форми, щільності й температури води. Джерела води характеризуються різним вмістом у воді звішених речовин, тому тривалість відстоювання води буде різною. Залежно від напрямку потоку води розрізняють відстійники горизонтальні, вертикальні й радіальні. На рис. 1.10 представлений вертикальний відстійник.

Умови освітлення води значно покращуються при пропусканні її через шар звішеного осаду. Частинки звішеного осаду сприяють збільшенню пластівців коагулянту. На цьому принципі працюють споруди, які називають освітлювачами зі звішеним осадом. На рис. 1.11 представлений освітлювач коридорного типу.

Освітлювач коридорного типу представляє собою прямокутний резервуар. Вода коагулювання надходить до освітлювача по трубі 9 і через дірчасті труби 1 розподіляється у робочій (нижній) частині 2. Швидкість руху води повинна бути такою, щоб пластівці коагулянту знаходились у звішеному стані. Вище робочої частини знаходиться захисна зона, де звішеного шару немає. Освітлена вода відводиться по лоткам 4 і трубі 10 для наступної обробки. Надлишкова кількість осаду підсмоктується трубою 5 через вікна 6 до осадкоушільнювача 7, відкіля видаляється по трубам 8 до каналізації.

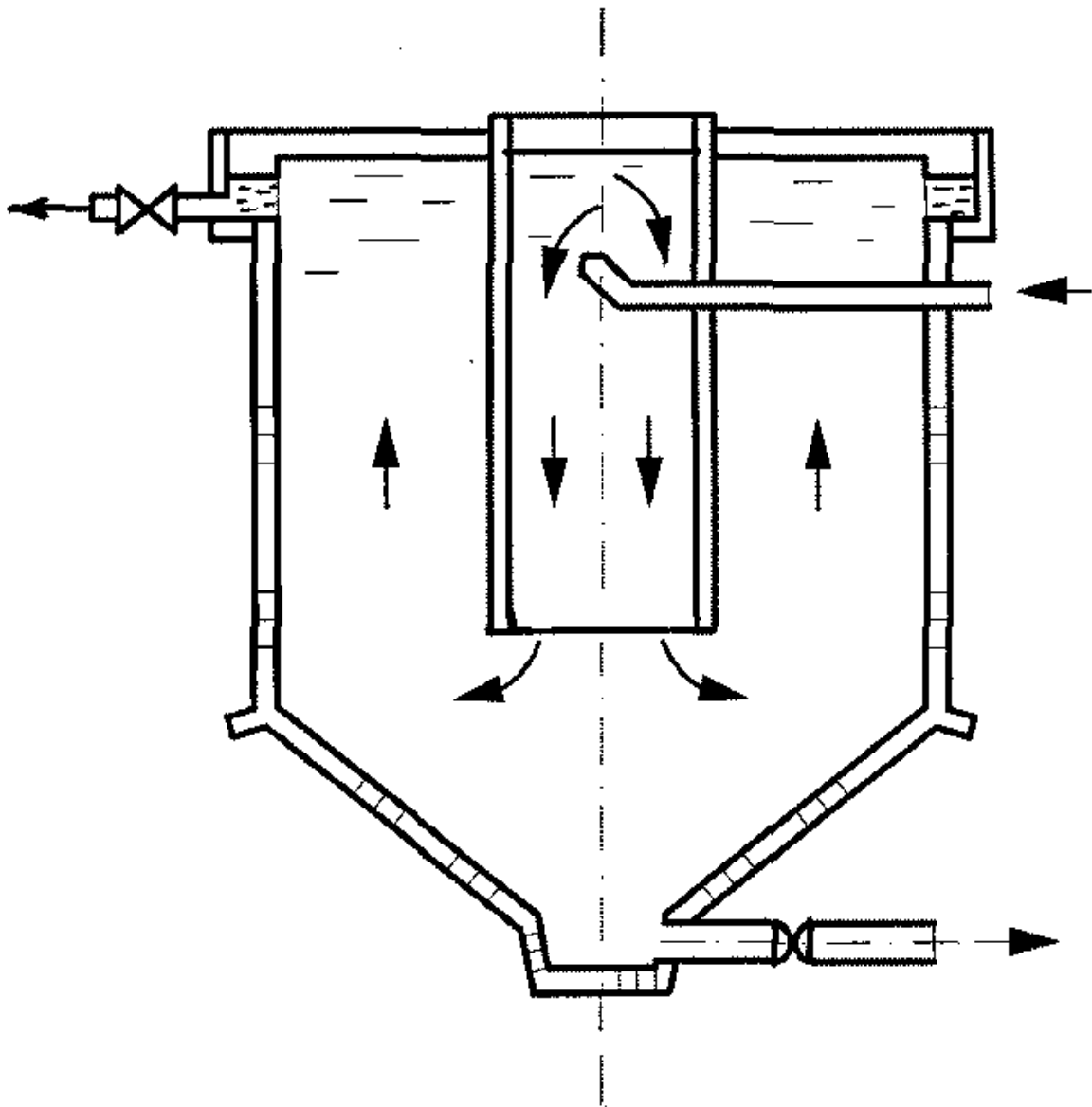


Рис. 1.10 - Вертикальний відстійник

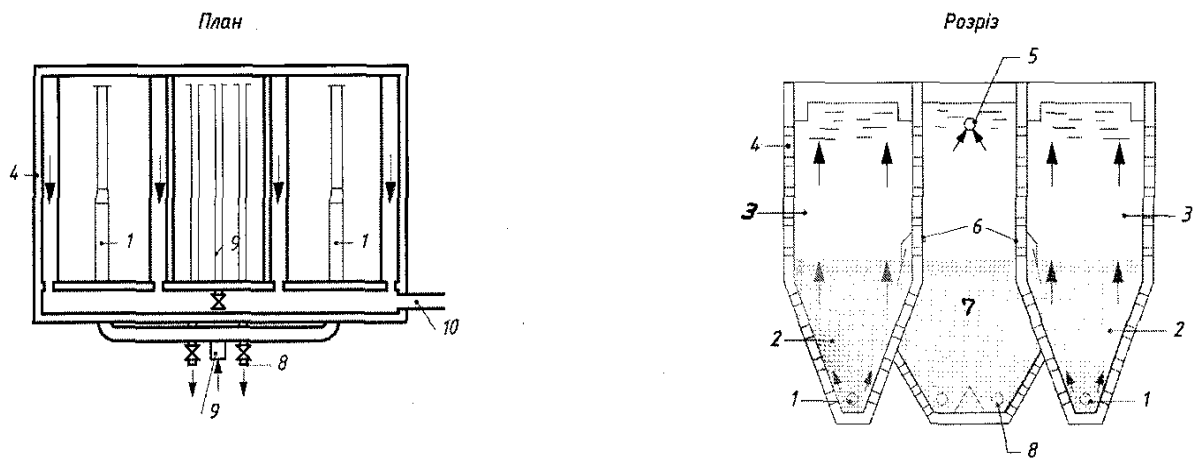


Рис. 1.11 - Освітлювач коридорного типу

Фільтрування води

Після освітлення води її фільтрують. Для цього воду пропускають через шар дрібнозернистого матеріалу, в якості якого застосовують кварцовий пісок, гравій і т. ін.

Розрізняють швидкі, понадшвидкі й повільні фільтри. Фільтри бувають відкриті (безнапірні) й закриті (напірні). Швидкий фільтр, частіше відкритий, представляє собою резервуар, завантажений фільтруючим матеріалом, який має пристрій для подачі води, збирання профільтрованої води і промивання завантаження.

За конструкцією розрізняють відкриті швидкі фільтри однопоточні з рухом води лише зверху донизу і двопоточні – з рухом зверху донизу й знизу доверху. Вибір системи фільтрів визначається технологічними вимогами, частіше застосовують двошарові фільтри, які завантажуються зверху дрібним антрацитом, а нижче кварцевим піском. Такі фільтри мають більшу здібність очищення, ніж фільтри завантажені лише піском. Під двома шарами фільтруючого матеріалу розташовують гравійний шар для запобігання вимивання фільтруючого матеріалу.

У двопоточних відкритих швидких фільтрах, наведених на рис. 1.12, основна маса води проходить крізь фільтруючий матеріал знизу доверху, а частина води, яка надходить по трубі 3 - 4, кишені 2 і жолобу 1, фільтрується зверху донизу. Профільтрована вода відводиться трубчатим дренажем 5.

Понад швидкі фільтри за конструкцією бувають вертикальні й горизонтальні. Підтримуючий гравійний шар в них не влаштовують. У нижній частині фільтру розташовують труби для промивання й продувки його повітрям. Робота фільтрів, регулювання швидкості фільтрування й промивки автоматизовані.

Контактні освітлювачі представляють собою споруди комбінованого типу. В них процеси утворення пластівців, відстоювання і фільтрування сумісні. Принцип роботи контактного освітлювача у тому, що при фільтруванні

води крізь шар зернистого завантаження на поверхні зерен сорбуються звішені й колоїдні частинки.

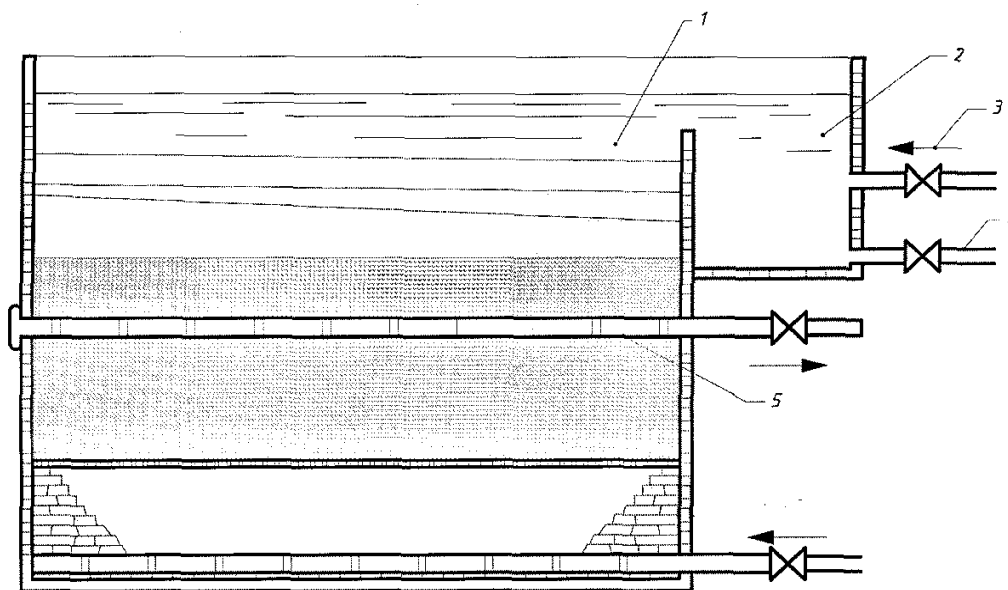


Рис. 1.12 - Двопоточний відкритий швидкий фільтр

Знезаражування води

Вода поверхневих джерел, як правило, вміщує хворі бактерії. В результаті відстоювання і фільтрування із води видаляється до 95 % бактерій. Для знищення бактерій, що лишились, воду знезаражують.

Хлорування. Для хлорування використовують хлорну ізвість, газоподібний хлор або рідкий гіпохлорит натрію. При попаданні у воду хлорна ізвість розкладається на гіпохлорит кальцію і хлористий кальцій. Гіпохлорит кальцію реагує з вуглекислою або бікарбонатом кальцію, який знаходиться у воді, створюючи хлорноватисту кислоту, яка легко розщеплюється з утворенням атомарного кисню, який оказує бактерицидний вплив. При введенні у воду газоподібного хлору створюється хлорноватиста й соляна кислоти. Необхідний ефект хлорування досягається у результаті інтенсивного змішування й 30-хвилинного контакту хлору з водою. Вода, яка надходить до споживача, повинна вміщувати в 1 л 0,3-0,5 мг хлору (остаточний хлор).

Озонування. Суть процесу знезаражування води озоном заключається в окисленні бактерій атомарним киснем, який утворюється при розкладі озону.

Озон одночасно зменшує кольоровість, запахи й присмаки води. Для обеззаражування 1 л води підземних джерел потрібно 0,75-1 мг озону, а 1 л фільтрованої води поверхневих джерел 1-3 мг озону. Озон у вигляді озон-повітряної суміші отримують в електричних озонаторах з кисню повітря.

Бактерицидне опромінювання. Цей метод знезаражування води здійснюється з використанням ультрафіолетових променів. У якості джерела випромінювання служать ртутно-кварцеві лампи. Ефект знезаражування залежить від тривалості й інтенсивності випромінювання. Знезаражування ультрафіолетовими променями не застосовують для вод високої мутності.

Спеціальна обробка води

Залежно від властивостей води джерела водопостачання або від вимог споживачів до якості води застосовується її обробка – пом'якшення, видалення заліза, стабілізація, охолодження, опріснення.

Пом'якшення води, призначеної для господарсько-питних цілей, звичайно не виконують. Так, для окремих виробництв текстильної, хімічної, харчової промисловості потрібна вода жорсткістю не більше 1 мг-ев/л. Розрізняють методи реагентного і катіонного пом'якшення, а також комбіновані методи.

Із методів реагентного пом'якшення найбільш розповсюджений ізвістково-содовий, при якому до води додають ізвість для зняття тимчасової (карбонатної) жорсткості і кільціновану соду для видалення постійної (карбонатної) жорсткості.

Метод катіонного пом'якшення базується на здатності катіонів обмінювати катіони натрію або водороду на катіони солей жорсткості, які вміщує вода. В результаті обмінної реакції катіони солей жорсткості переходять до складу катіоніту, а до води переходять катіони натрію, утворюючи натрієві солі. Таке пом'якшення називають Na-катіонуванням. При H-катіонуванні до обмінної реакції з катіонами магнію і кальцію вступають катіони водороду.

Видалення заліза. Вміст заліза у питній воді не повинен перевищувати 0,3 мг/л. Видалення заліза з води поверхневих джерел проводиться шляхом аерації, введення реагентів окислювачів з аерацією шляхом катіонування. Прилади для видалення заліза методом аерації складається із аераційних приладів, контактних резервуарів і фільтру. В аераційному приладі вода насичується киснем, частково видаляється вуглекислота, двовалентне залізо окислюється до тривалентного. У контактному резервуарі завершується окислення двовалентного заліза і створюється осадок гідрату окису заліза, який видаляється фільтрами.

Стабілізація води заключається у приданні їй властивостей, при яких вона не здібна викликати корозію і відкладати солі, запобігає біологічному обростанню.

Стабілізація води необхідна у промислових системах зворотного водопостачання. Для стабілізації води застосовують підкислення, декарбонізацію і фосфатування. Підкислення заключається у додаванні соляної або сіркової кислоти. При декарбонізації до води додають вуглекислоту для стабілізації вмісту карбонатів. При фосфатуванні води до неї додають фосфати, які утворюють на поверхні металу плівки, яка запобігає корозії.

Охолодження води. У системах промислового водопостачання для охолодження застосовують бризкальні басейни, охолоджуючі пруди, градирні.

Опріснення води.

У теперішній час визначились такі основні методи опріснення води: дистиляція, іонний обмін, електродіаліз, заморожування, геліоопріснення, зворотний осмос (гіперфільтрація).

Дистиляція – розповсюджений метод опріснення морських вод. У дистиляційних установках миттєвого випарювання використовується явище зниження температури кипіння води по мірі зменшення тиску у випарювачах. Чим вище температура води й чим глибше вакуум, тим більше води випарюється.

При іоннообмінному опрісненні води солена вода послідовно фільтрується через катіонні й аніонні фільтри, які періодично регенеруються кислотою. Переваги іоннообмінного способу опріснення – мала витрата електроенергії, малий об'єм води, що збракуюється, простота обладнання; недоліком є необхідність застосування реагентів.

Електроліз – це метод опріснення за допомогою селективних іоннообмінних мембран із іонітних смол. Якщо такою мембраною розмежувати розчин солі (або іншого електроліту), а потім по обидві боки мембрани розташувати електроди, з'єднані з джерелом постійного струму, то мембрана буде проявляти властивості уніполярного провідника. За допомогою іонів мембрана проводить струм лише одного знаку. Виготовлена із катіонів, вона пропускає позитивно заряджені іони, а аніонна мембрана пропускає лише негативно заряджені іони. Ця властивість називається селективністю іоннообмінних мембран, на ній оснований метод електродіалізного опріснення води. Апарат, у якому виконується відокремлення солей від води, називається багатоканальним електродіалізатором.

1.5. Улаштування зовнішніх водопровідних мереж

Труби, які застосовують для улаштування водопровідних мереж

Для улаштування зовнішнього водопроводу застосовують труби чавунні, сталеві, азбоцементні, залізобетонні, пластмасові. Труби й фасонні частини до них виготовляють відповідно ГОСТ на необхідний тиск. При виборі матеріалу труб для зовнішньої водопровідної мережі враховують властивості води, що транспортується, агресивність ґрунтових вод, геологічні, гідрогеологічні і кліматичні дані, потрібну механічну міцність й довговічність труб, санітарні вимоги та ін.

Арматура водопровідної мережі

Для нормальної експлуатації водопровідної мережі встановлюють таку арматуру: запірно-регулюючу (засувки, вентилі); водорозбірну (колонки, крани, пожежні гідранти); запобіжну (повітряні вантузи, запобіжні клапани). Засувки служать для регулювання розподілу витрат води та відключення, огляду і ремонту. Засувки поділяють на паралельні й клинові. Обидва типи можуть бути з висувним і не висувним шпинделем. Засувки великого діаметра обладнуються електричним або гідравлічним приводом. У місцях розташування засувок на мережі влаштовують оглядові колодязі. Для забору води із мережі з метою пожежотушіння застосовують гідранти, які бувають підземні й наземні. При користуванні гідрантом на нього нагвинчують стендер. При обертанні рукоятки стендера опускається стержень гідранта і відкривається зв'язаний з ним шаровий клапан. Вода забирається через пожежні рукава, які приєднуються до штуцерів стендера. Гідранти встановлюють в оглядових колодязях на пожежних підставках.

Накопичення повітря у мережі порушує її роботу. Для випуску повітря у підвищених точках мережі встановлюють вантузи.

У знижених точках влаштовують випуски, які представляють собою патрубки, що примикають до нижньої частини труб. Випуски служать для спустошення труб. На випусках встановлюють засувки.

На водопровідній мережі встановлюють також запобіжні клапани, зворотні клапани й редуційні клапани.

Запобіжні клапани виключають підвищення тиску понад припустимого. Зворотні клапани допускають рух води лише в одному напрямку. Редуційні клапани служать для зниження тиску на окремих ділянках мережі.

Водопостачання селищ та будівель, які не обладнані внутрішнім водопроводом, здійснюється через водорозбірні колонки. При натисканні на рукоятку, штангою відкривається клапан і вода надходить до подавальної труби. Після припинення роботи колонки вода із подавальної труби стікає до між трубного простору (патрубок), відкіля всмоктується ежектором на початку

чергової дії колонки. Тиск у мережі для нормальної дії колонки повинен бути не менше 0,1 МПа.

Деталювання мережі. Колодязі на мережі

Деталювання мережі представляє собою схему мережі, на якій умовними позначками нанесені арматура й фасонні частини. При складанні деталювання мережі у першу чергу намічають місця встановлення засувки і гідрантів. Засувки розташовують таким чином, щоб можна було виключити з роботи окремі ділянки мережі без порушення водопостачання об'єктів, які вимагають безперебійної подачі води.

У місцях встановлення арматури і фасонних частин з фланцевими з'єднаннями влаштовують оглядові колодязі. Розмір їх в плані визначається габаритними розмірами арматури і фасонних частин. На рис. 1.13 показаний круглий колодязь із збірною залізобетону.

При наявності ґрунтових вод щільність колодязів забезпечується гідроізоляцією стінок й дна.

Під дією внутрішніх сил тиску у трубопроводах виникають зусилля, що розтягують. На ділянках, прилеглих до поворотів ліній, на гілках й тупикових ділянках ці зусилля можуть викликати порушення з'єднань (розтрубних). Для виключення зсувів та пошкоджень трубопроводів в оглядових колодязях або в ґрунті встановлюють упори у напрямку дії зусиль, що розтягують.

Особливості прокладки водопроводів

У кліматичних районах з негативними температурами зовнішнього повітря глибина закладання водопровідних труб залежить від глибини промерзання ґрунту, температури води в трубах і режиму її подачі, при цьому глибина закладання труб, рахуючи від їх нижньої частини, повинна бути на 0,5 м більше розрахункової глибини промерзання ґрунту. Мінімальна глибина закладання труб визначається із умов захисту їх від зовнішніх

навантажень і запобігання їх нагріву при високих позитивних температурах повітря.

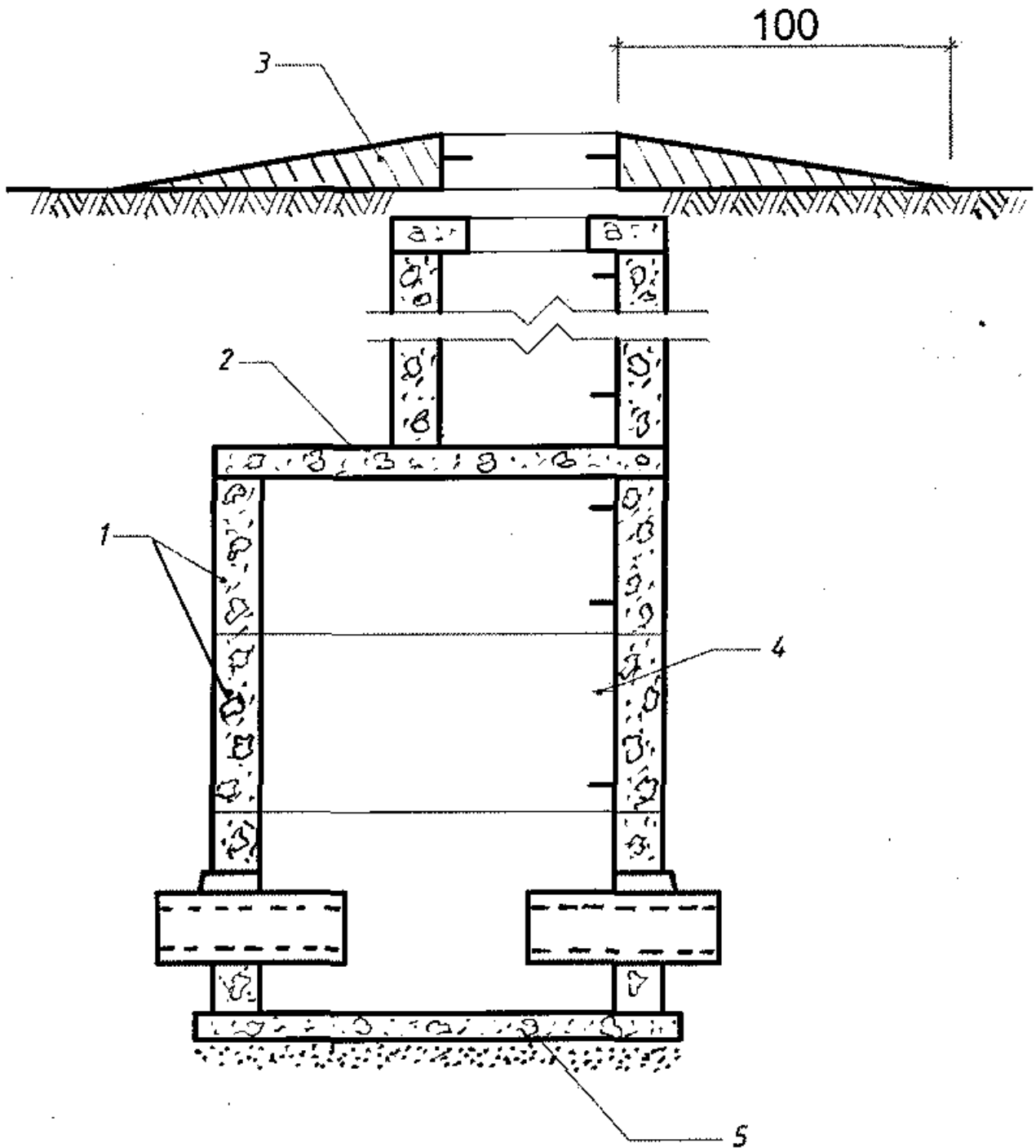


Рис. 1.13 - Збірний залізобетонний колодязь, який виконується в сухих ґрунтах:
1 – кільця; 2 – плита перекриття; 3 – відмостка; 4 – ходові скоби;
5 – плита днища на ущільненому шарі ґрунту

Водопровідні лінії прокладають відповідно рельєфу місцевості з постійною глибиною закладання. Труби прокладаються з нахилом, який забезпечує спустошення мережі й випуск повітря з неї.

Водопровідні лінії прокладаються з урахуванням розташування інших підземних комунікацій, з урахуванням нормативних відстаней по вертикалі і горизонталі між ними.

Водонапірні вежі

Повної відповідності водоспоживання і подачі води насосною станцією II підйому добитися неможливо. Для регулювання подачі та споживання служать водонапірні вежі. Об'єм регулювання бака вежі можна визначити за сумісним ступінчастим графіком подачі та споживання води, де він дорівнює площі між лініями подачі води і водоспоживання. На рис. 1.14 об'єм регулювання бака дорівнює площі, яка заштрихована.

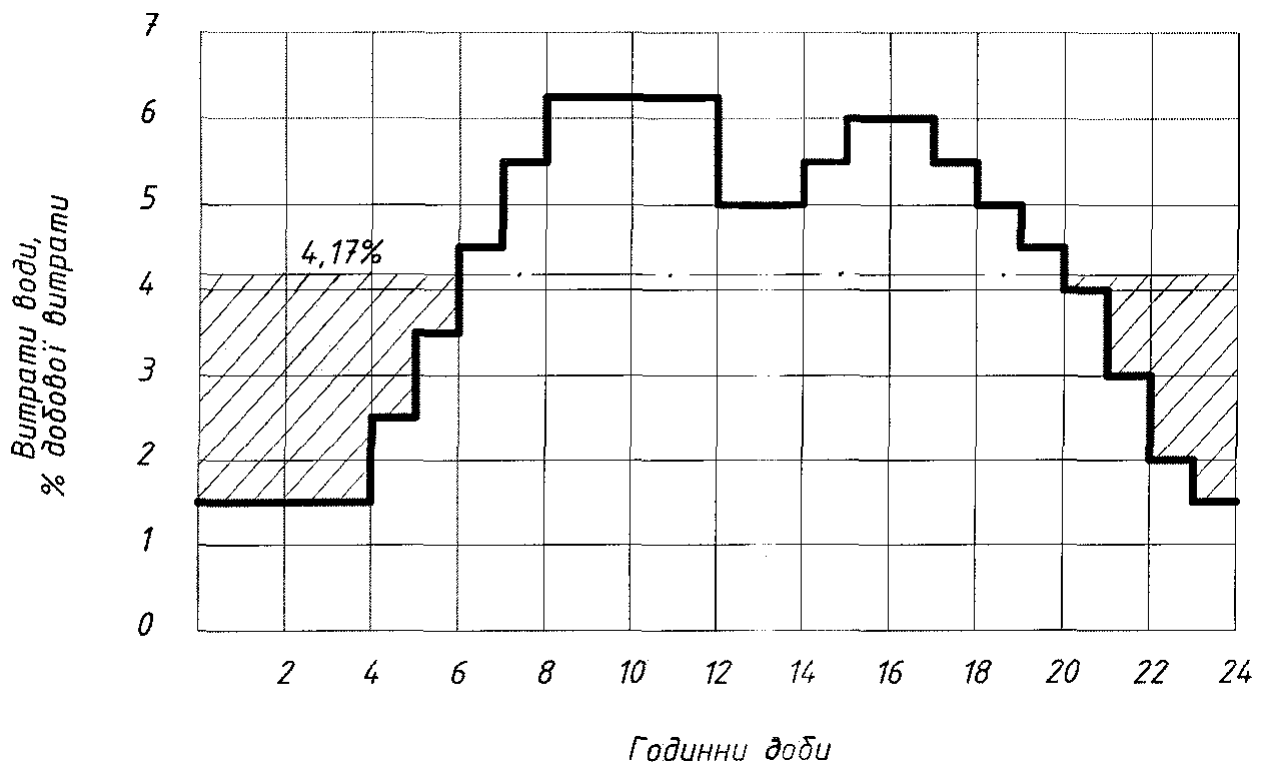


Рис. 1.14 - Ступінчастий графік подачі і споживання води

У другому випадку об'єм регулювання бака дорівнює сумі абсолютних величин максимальної позитивної і максимальної негативної різниць ординат кривих подачі і споживання води. На графіку він дорівнює $13,02+6,14=19,16$ % середньодобової витрати. У баку водонапірної вежі повинен зберігатись, крім того, запас води для тушіння пожежі у перші minuti після його виникнення. Таким чином, об'єм бака вежі повинен дорівнювати:

$$V=V_n+V_p, \quad (1.5)$$

де V_p – об'єм регулювання бака; V_n – запас води для тушіння пожежі.

Водонапірна вежа складається із таких елементів: водонапірного бака і конструкції для підтримання (ствола) і представлена на рис. 1.15.

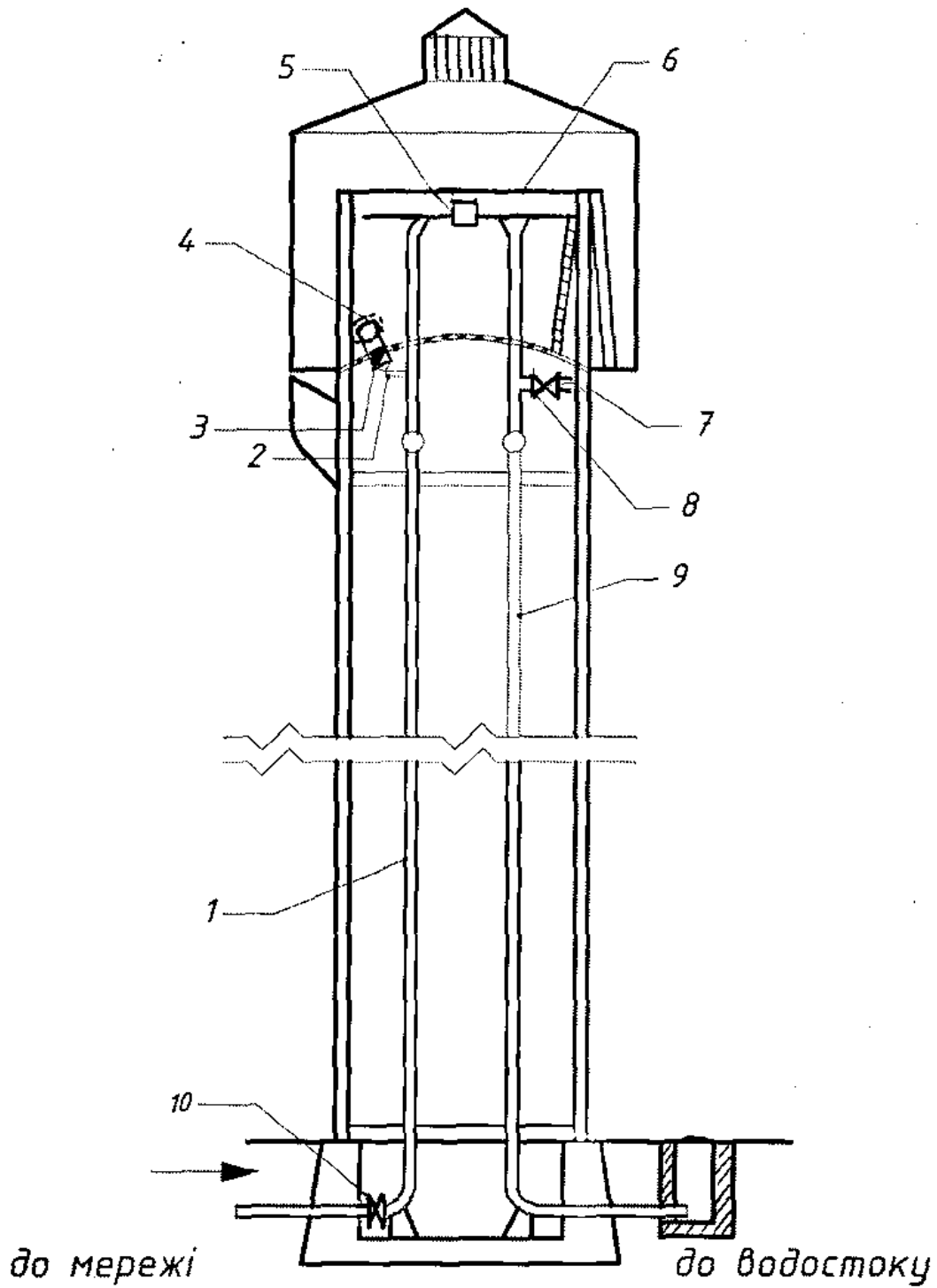


Рис. 1.15 - Схема обладнання водонапірної вежі

Вода до баку подається по трубі 1, яка закінчується на рівні найбільшого наповнення. Кінець її обладнується поплавковим клапаном 5, який автоматично закриває подавальну трубу при заповненні бака. Роздача води із бака відбувається по трубам 1 і 2. На трубі 2 встановлюють зворотний клапан 3, який запобігає надходженню води в бак по цій трубі. Кінець труби 2 розташовують над дном бака і обладнують сіткою 4. Засувка 10 лужить для відключення водонапірної вежі від мережі. Для подачі води в бак і розбору води можуть виконуватись окремі труби. Для зливу води у випадку пере наповнення бака служить переливна труба 9, яка закінчується у верхній частині воронкою 6. До переливної труби приєднана грязьова труба 7 з засувкою 8, яка призначена для періодичного видалення осаду, який накопичується, й для промивання.

Роль водонапірних веж можуть виконувати пневматичні напірно-регулюючі установки.

Резервуари

Резервуари служать для зберігання запасів води і залежно від призначення можуть бути розташовані у різних місцях системи водопостачання. Резервуари служать для таких цілей:

- приймання і зберігання води, яка надходить від насосних станцій I підйому, фільтрувальних станцій і яка подається далі насосними станціями II підйому;
- приймання „свіжої” води, яка живить системи зворотного водопостачання;
- зберігання об'єму регулювання води і підтримання напору у мережі (водонапірний резервуар);
- зберігання протипожежних та аварійних запасів води.

Об'єм резервуарів залежить від їх призначення і продуктивності систем водопостачання.

1.6. Норми і режим водоспоживання

Нормою водоспоживання називають кількість води, яка витрачається на означені потреби в одиницю часу або на одиницю виробленої продукції.

Норми господарсько-питного водоспоживання.

У населених пунктах норми господарсько-питного водоспоживання визначають за СНиП залежно від ступеню благоустрою районів жилої забудови й кліматичних умов. На промислових підприємствах вода витрачається робітниками і службовцями на господарсько-питні потреби і для душів.

Норми споживання води для виробничих потреб.

Багато галузей промисловості (хімічна, металургійна та ін.) витрачають значні кількості води. Звичайно встановлюють норми витрачання води на одиницю продукції з урахуванням технології.

Норми споживання води на тушіння пожеж також встановлюють за СНиП. Розрахункова витрата води для тушіння пожеж у населених пунктах і на промислових підприємствах приймається за відповідними даними.

Споживання води населенням на протязі року нерівномірне. Відношення добової витрати у дні найбільшого водоспоживання $Q_{\text{макс.доб.}}$ до середньої добової витрати $Q_{\text{сер.доб.}}$ називають коефіцієнтом добової нерівномірності водоспоживання.

$$K_{\text{доб.}} = Q_{\text{макс. доб.}} / Q_{\text{сер. доб.}} \quad (1.6)$$

Величина $K_{\text{доб.}}$ залежить від ступеня благоустрою будівель. Зі збільшенням ступеня благоустрою коефіцієнт добової нерівномірності зменшується.

На підприємствах коефіцієнт добової нерівномірності господарсько-питного водоспоживання приймають рівним одиниці, тобто вважають, що водоспоживання рівномірно протягом року.

Протягом доби споживання води також нерівномірне: вночі воно менше, ніж вдень. Коливання споживання води по годинам доби залежить від

розрахункової кількості мешканців. Споживання води змінюється й протягом години. Однак для спрощення розрахунків умовно вважають, що й протягом години споживання води залишається незмінним.

Відношення годинної витрати у години найбільшого (максимального) водоспоживання $Q_{\text{макс.год.}}$ до середньої годинної витрати називають коефіцієнтом годинної нерівномірності споживання:

$$K_{\text{год}} = Q_{\text{макс. год.}} / Q_{\text{ср. год.}} \quad (1.7)$$

Режим водоспоживання, тобто зміна витрати води по годинам доби, прийнято представляти у вигляді таблиць або графіків. Графіки водоспоживання бувають ступінчастими й інтегральними. На рис. 1.16 наведений ступінчастий графік водоспоживання.

На цьому графіку по осі ординат відкладені значення годинної витрати у відсотках добової витрати. На інтегральному графіку по осі ординат відкладають витрати води також у відсотках добової витрати, але зростаючим підсумком за усі години, починаючи від початку доби.

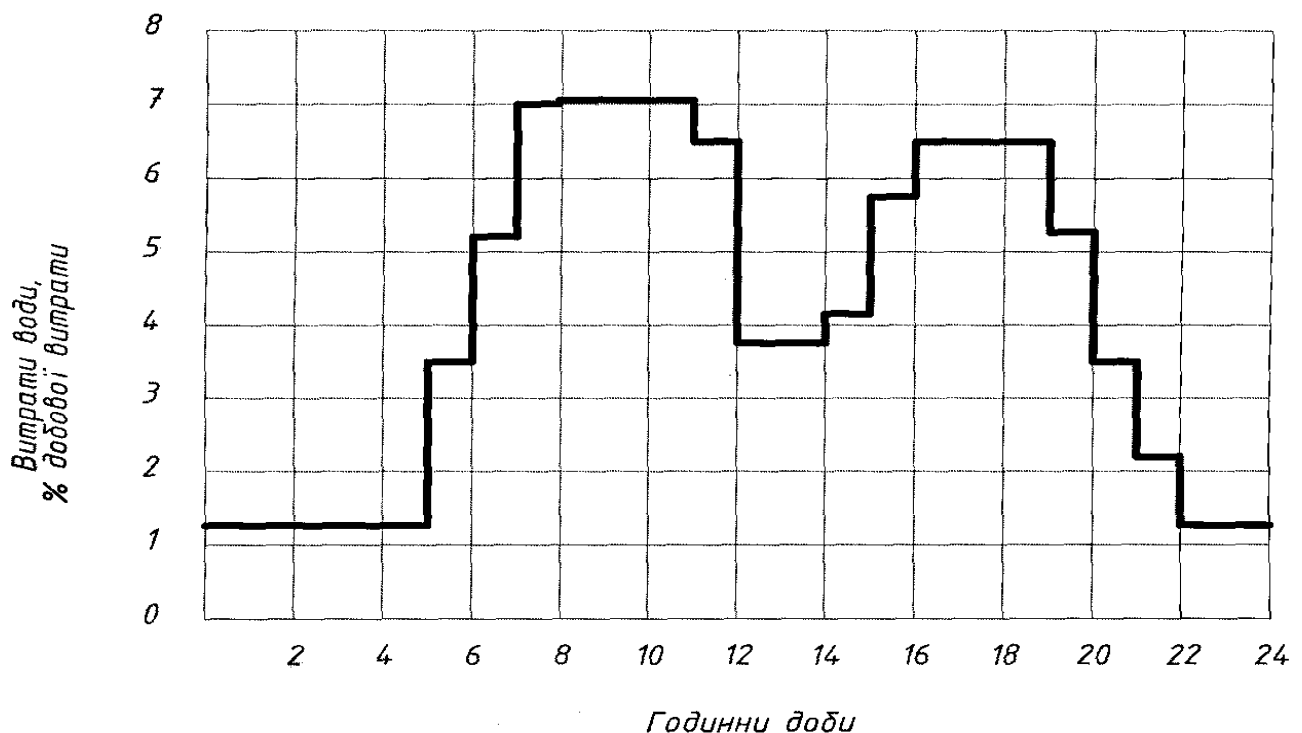


Рис. 1.16 - Ступінчастий графік водоспоживання

1.7. Розрахунок витрат води на побутово-господарчі потреби

Розрахункова (середня за рік) витрата води на господарсько-питні потреби населення визначається залежно від розрахункової кількості мешканців та норм водоспоживання, м³/с:

$$Q_{\text{доб.сер.}} = \frac{q_{\text{ж}} \cdot N}{1000}, \quad (1.8)$$

де $q_{\text{ж}}$ - питоме водоспоживання (залежить від ступеня благоустрою будівлі);

N – розрахункова кількість мешканців у районі житлової забудови, чол.

Розрахункова витрата найбільшого водоспоживання на добу, м³/добу:

$$Q_{\text{доб.мак}} = K_{\text{доб.мак}} \cdot Q_{\text{доб.сер.}}, \quad (1.9)$$

де $K_{\text{доб.мак}}$ - коефіцієнт добової нерівномірності водоспоживання, який враховує спосіб життя населення, режим роботи підприємств, ступінь благоустрою будівель, приймають рівним 1,1-1,3.

Розрахункова годинна витрата найбільшого водоспоживання, м³/год.:

$$Q_{\text{год.мак}} = \frac{K_{\text{год.мак}} \cdot Q_{\text{доб.мак}}}{24}, \quad (1.10)$$

де $K_{\text{год.мак}}$ - коефіцієнт годинної нерівномірності водоспоживання:

$$K_{\text{год.мак}} = \alpha_{\text{мак}} \cdot \beta_{\text{мак}}, \quad (1.11)$$

де $\alpha_{\text{мак}}$ - коефіцієнт, що враховує ступінь благоустрою будівель та інші місцеві умови, приймають рівним 1,2-1,4;

$\beta_{\text{мак}}$ - коефіцієнт, що враховує кількість мешканців у населеному пункті (табл.1.1).

Таблиця 1.1 - Значення коефіцієнта β_{\max}

Кількість мешканців, тис. чол.	Коефіцієнт β_{\max}
1	2
1,5	1,8
2,5	1,6
4	1,5
6	1,4
10	1,3
20	1,2
50	1,15
100	1,1
300	1,05
1000 і більше	1

Розрахункова секундна витрата, л/с,

$$Q_{\text{сек. max}} = \frac{Q_{\text{год. max}}}{3,6} \quad (1.12)$$

Розрахункова секундна витрата на поливку

$$Q_{\text{пол.}} = \frac{1000 \cdot (F_{\text{зел.}} \cdot q_{\text{зел.}} + F_{\text{мер.}} \cdot q_{\text{мер.}}) \cdot n \cdot K}{86400} \quad (1.13)$$

Тут $F_{\text{зел.}}$ - площа зелених насаджень, га;

$q_{\text{зел.}}$ - норма витрати води на одну поливку, л/м²;

$F_{\text{мер.}}$ - площа удосконалених покриттів проїздів і майданів, га;

$q_{\text{мер.}}$ - норма витрати води на одну поливку покриттів майданів, проїздів, л/м²;

n – кількість поливів на добу;

K – коефіцієнт нерівномірності, приймають рівним для великих міст – 2, для малих і середніх – 4.

Умовно можна прийняти такий поділ міст за кількістю населення, тис.чол.:

маленькі міста - 20 – 50;

середні - 50 – 100;

великі - 100 – 500;

крупні - більше 500.

Витрата води на полив удосконалених покриттів, проїздів, тротуарів, майданів населеного пункту, територій підприємств і зелених насаджень визначають за табл. 1.2.

Таблиця 1.2 - Витрата води на полив

Найменування процесу	Одиниця вимірювання	Витрата води на поливку, л/м ²
1. Механізована мийка удосконалених покриттів проїздів та майданів	1 мийка	1,2 – 1,5
2. Механізована поливка удосконалених покриттів проїздів та майданів	1 поливка	0,3 – 0,4
3. Поливка вручну (із шлангів) удосконалених покриттів тротуарів та проїздів	Те саме	0,4 – 0,5
4. Поливка міських зелених насаджень	1 поливка	3 - 4
5. Поливка газонів та квітників	Те саме	4 – 6

Витрати води, л/с, на гасіння пожежі для населеного пункту визначають, виходячи з кількості населення й характеру забудови:

$$Q_{\text{пож.}} = q_{\text{пож.}} \cdot n + q'_{\text{пож.}} \quad (1.14)$$

Тривалість пожежі в населених місцях і на підприємствах умовно дорівнює трьом годинам. Тому повна витрата на погашення пожежі визначається за формулою

$$Q_{\text{пож.}} = 10,8(q_{\text{пож.}} \cdot n + q'_{\text{пож.}}), \quad (1.15)$$

де $q_{\text{пож.}}$ - розрахункова витрата води на гасіння однієї зовнішньої

пожежі, приймають за табл. 1.3;

n – кількість одночасних пожеж (табл. 1.3);

$q'_{\text{пож.}}$ - розрахункова витрата води на внутрішнє гасіння пожежі,

приймають рівною 10 л/с

Таблиця 1.3 - Витрата води на гасіння пожежі

Кількість мешканців у населеному пункті, тис. чол.	Розрахункова кількість одночасних пожеж	Витрата води на зовнішнє гасіння пожежі в населених пунктах, л/с	
		Забудова висотою до двох поверхів включно незалежно від їх ступеня вогнестійкості	спорудами висотою три поверхи та вище незалежно від ступеня їх вогнестійкості
5	1	10	10
10	1	10	15
25	2	10	15
50	2	20	25

1.8. Визначення розрахункових витрат та вільного напору води

Розрахункові витрати. Споруди водопроводів повинні мати пропускну здібність, достатню для усього розрахункового строку їх дії. За розрахункову витрату приймають витрату у години максимального водорозбору доби з найбільшим водоспоживанням.

Розрахункова добова (середня за рік) витрата води, м³/доб., на господарсько-питні потреби у населеному пункті визначають за формулою

$$Q_{\text{ср.доб.}} = q_m \cdot N / 1000, \quad (1.16)$$

де q_m – норма водоспоживання, яка приймається за СНиП, N – розрахункова кількість мешканців.

Розрахункова витрата води на добу найбільшого й найменшого водоспоживання, м³/доб., визначають за формулою

$$Q_{\max \text{ доб.}} = K_{\max \text{ доб.}} \cdot Q_{\text{ср. доб.}}; \quad (1.17)$$

$$Q_{\min \text{ доб.}} = K_{\min \text{ доб.}} \cdot Q_{\text{ср. доб.}}; \quad (1.18)$$

де $K_{\max \text{ доб.}}$ і $K_{\min \text{ доб.}}$ – максимальний і мінімальний коефіцієнти добової нерівномірності, які залежать від режиму роботи підприємств, ступеня благоустрою будівель;

$$K_{\max \text{ доб.}} = 1,1-1,3 \text{ і } K_{\min \text{ доб.}} = 0,7-0,9.$$

Розрахункові годинні витрати води, м³/год., визначають за формулами:

$$q_{\max \text{ год.}} = K_{\max \text{ год.}} \cdot Q_{\max \text{ доб.}} / 24; \quad (1.19)$$

$$q_{\min \text{ год.}} = K_{\min \text{ год.}} \cdot Q_{\min \text{ доб.}} / 24; \quad (1.20)$$

де $K_{\max \text{ год.}}$ і $K_{\min \text{ год.}}$ – максимальний і мінімальний коефіцієнти годинної нерівномірності, які визначаються за формулами

$$K_{\max \text{ год.}} = \alpha_{\max} \beta_{\max}; \quad (1.21)$$

$$K_{\min \text{ год.}} = \alpha_{\min} \beta_{\min}; \quad (1.22)$$

де α – коефіцієнт, який залежить від ступеня благоустрою будівель та режиму роботи підприємств;

$$\alpha_{\max} = 1,2-1,4; \quad \alpha_{\min} = 0,4-0,6;$$

β – коефіцієнт, який залежить від кількості мешканців у населеному пункті;

$$\beta_{\max} = 1-4,5; \quad \beta_{\min} = 0,01-1.$$

Розрахункову витрату води на виробничі потреби приймають за даними технології.

Вільний напір. Напір у зовнішній водопровідній мережі повинен забезпечувати подачу води з деяким запасом (остаточним напором $h_{\text{ост.}}$) до самої високої й найбільш видаленої від зовнішньої мережі водозабірної точки усередині будівлі (рис. 1.17).

Цей напір, м, називають вільним $H_{\text{вільн.}}$ або необхідним:

$$H_{\text{вільн.}} = H_{\text{Г}} + h_{\text{втр.}} + h_{\text{ост.}}, \quad (1.23)$$

де $H_{\text{Г}}$ – геометрична висота подачі води від поверхні землі до самої високої водорозбірної точки, м; $h_{\text{втр.}}$ – втрати напору у внутрішній мережі, вводі й водомірному вузлі, м; $h_{\text{ост}}$ – остаточний напір у диктуючого приладу, м.

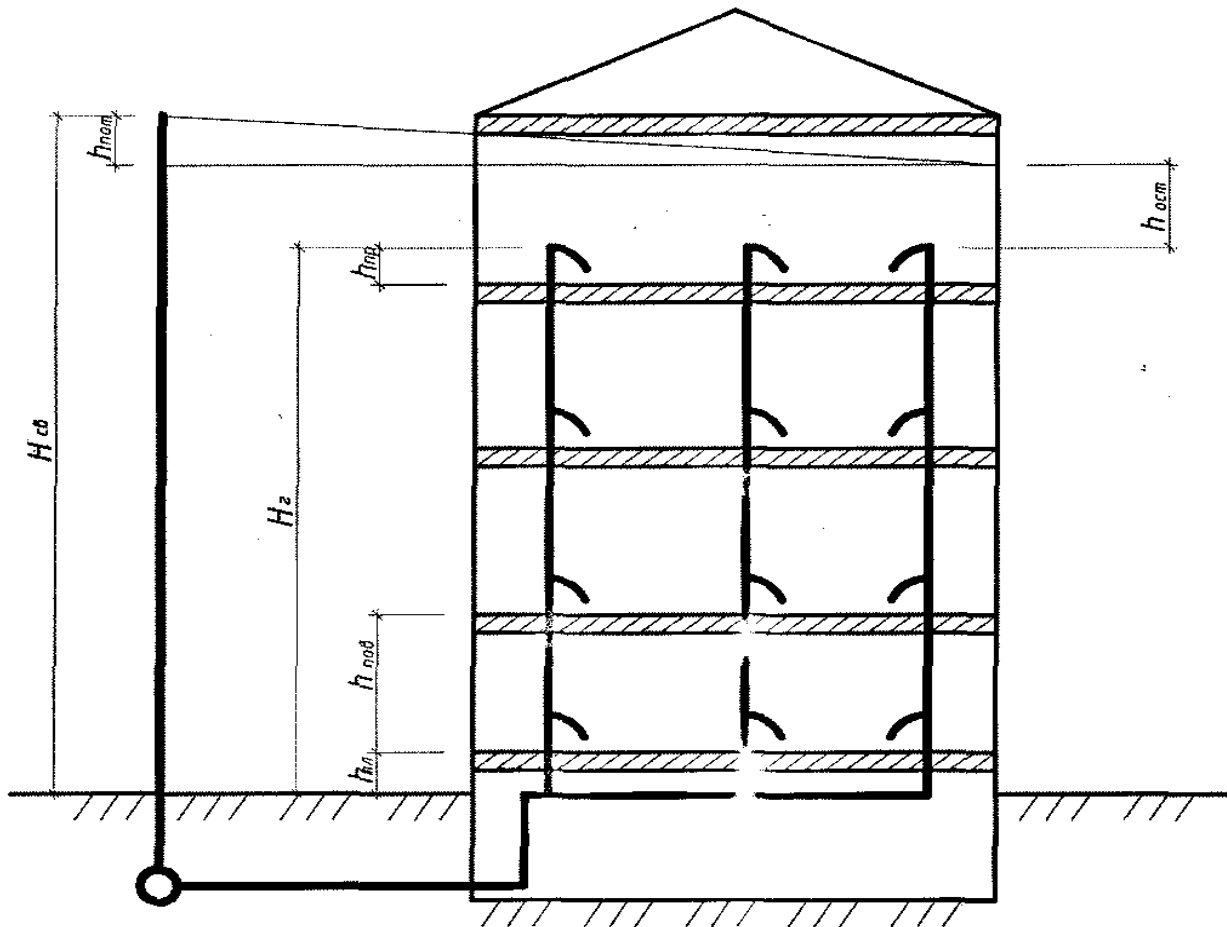


Рис. 1.17 - Схема подачі води із зовнішньої мережі до будівлі

Геометричну висоту подачі H_r , м, визначають за формулою

$$H_r = h_{\text{план}} + (n-1) h_{\text{пов}} + h_{\text{прил}}, \quad (1.24)$$

де $h_{\text{план}}$ – перевищення відмітки підлоги 1 поверху над поверхнею землі (планувальна висота); n – кількість мешканців в будівлі; $h_{\text{пов}}$ – висота поверху будівлі; $h_{\text{прил}}$ – висота розташування диктуючого приладу понад підлогою.

Вільний напір у зовнішній водопровідній мережі населених пунктів для попередніх розрахунків при одноповерховій забудові приймають рівним 10 м, а при більшій поверховості додають по 4 м на кожний додатковий поверх.

Вільний напір у зовнішній мережі виробничого водопроводу призначають відповідно вимогам технології виробництва.

Як правило, напір у зовнішній водопровідній мережі створюють насоси II підйому, коли насоси не працюють напір підтримують за рахунок запасу води у водопровідній вежі.

Для оцінки забезпечення необхідного напору у зовнішній мережі будують п'єзометричну лінію, яка характеризує п'єзометричний напір у різних точках мережі. Напір, що маємо, у будь-якій точці, який представляє собою різницю відміток п'єзометричної лінії і поверхні землі, повинен бути не меншим вільного напору. При цій умові забезпечується подача води до найвищої точки будівлі.

У протипожежному водопроводі необхідний напір залежить від способу тушіння пожежі.

Зовнішня мережа, на якій встановлені пожежні гідранти для безпосередньої подачі води на тушіння пожежі, називається протипожежним водопроводом високого тиску. Необхідний напір в мережі створюють протипожежні насоси, які встановлені на насосній станції. Ці ж насоси повинні забезпечувати роботу пожежних кранів у середині будівлі.

Зовнішня мережа, на якій встановлені пожежні гідранти для подачі води на тушіння пожежі за допомогою пересувних пожежних насосів, називається протипожежним водопроводом низького тиску.

1.9. Основні відомості по розрахунку водопровідних мереж

Гідравлічний розрахунок водопровідних мереж виконують з метою визначення напору в них і діаметра ділянок мережі. Водопровідна мережа розраховується на випадок найбільшого водоспоживання у момент пожежі, який співпадає з годиною максимального водоспоживання.

При визначенні діаметрів труб ліній мережі визначають розрахункові витрати води для цих ліній. У місцевих мережах приймається схема рівномірного розподілу відбору води на господарсько-питні потреби населення. Витрати води крупних підприємств розглядаються як скупчені у визначених вузлах.

Витрата, яка приходиться на 1 м довжини мережі, називається питомою:

$$q_{\text{пит.}} = (q_{\text{max}} - q_{\text{скуп.}}) / L, \quad (1.25)$$

де q_{max} – максимальна розрахункова витрата, яка надходить до мережі; $q_{\text{скуп.}}$ – сума скупчених витрат промислових підприємств; L – сумарна довжина мережі, що розраховується.

Приймається, що витрата води на кожній ділянці магістральної мережі пропорційна її довжині. Ця витрата, яка називається шляховою, визначається за формулою:

$$q_{\text{шл.}} = q_{\text{пит.}} \cdot l, \quad (1.26)$$

де l – довжина ділянки мережі, м.

Кожна ділянка мережі (окрім кінцевих), крім шляхової витрати $q_{\text{шл.}}$ опускає транзитну витрату $q_{\text{тр.}}$, необхідну для живлення наступних ділянок. Тоді розрахункова витрата визначається формулою:

$$q_p = q_t + \alpha \cdot q_{шл.} \quad (1.27)$$

де $\alpha \approx 0,5$ – коефіцієнт еквівалентності.

Обчислені за розрахунковою витратою втрати напору в лініях мережі дорівнюють дійсним втратам напору в них при рівномірній роздачі води по довжині. Для спрощення розрахунків шляхові витрати приводять до скупчених у вузлах мережі. Тоді вузлова витрата визначається за формулою:

$$q_{вузл.} = \sum q_{шл.} / 2, \quad (1.28)$$

де $\sum q_{шл.}$ – сума шляхових витрат, які протікають в лініях мережі, що примикають до даного вузлу. Діаметри труб ліній мережі визначають за формулою:

$$d = \sqrt{\frac{4q}{\pi v}}, \quad (1.29)$$

де q – розрахункова витрата; v – швидкість руху води. Найбільш економічна швидкість v складає для труб малих діаметрів 0,6-0,9 м/с, для труб великих діаметрів 0,9-1,5 м/с. Втрати напору в трубах визначаються за формулою:

$$h = k \frac{q^n}{d^m} \cdot l, \quad (1.30)$$

де q – витрата води у трубопроводі; d – діаметр трубопроводу; l – довжина ліній мережі; n , m , h – показники ступеня й коефіцієнт залежності від гідравлічних властивостей даного виду труб.

Для використання цієї формули у практиці розрахунків існують таблиці, які дозволяють визначити втрати напору за формулою

$$h = i \cdot l, \quad (1.31)$$

де $i = k \frac{q^n}{d^m}$ – питомі втрати напору.

Втрати напору можуть бути також визначені за формулою

$$h = S q^2, \quad (1.32)$$

де $S = A_0 l$ – опір лінії; A_0 – питомий опір.

Гідрравлічний розрахунок гілчастих мереж виконується достатньо просто, якщо відомі витрати води у вузлах мережі, які надходять до окремих споживачів. У цьому випадку спочатку обчислюють розрахункові витрати, потім, використовуючи наведені вище рекомендації, призначають діаметри, після чого знаходять втрати напорі на кожній ділянці.

Загальна втрата напорі може бути визначена за формулою

$$h_l = i_1 l_1 + i_2 l_2 + \dots + i_n l_n, \quad (1.33)$$

тобто як сума втрат напорі у послідовно з'єднаних ділянках трубопроводів.

При розрахунку кільцевих мереж як діаметри, так й витрати у лініях мережі у загальному випадку є невідомими, що приводить до труднощів розрахунку. Розподіл витрат води по лініях кільцевої мережі відбувається відповідно наступних законів:

1. Сума витрат води, які надходять до вузлу, що розглядається, дорівнює сумі вузлового відбору у даному вузлі і витрат, які витікають із нього. Якщо витрати, які надходять до вузлу, прийняти зі знаком „+”, а вузлову витрату і витрату, що витікає, зі знаком „-”, то алгебраїчна сума витрат буде дорівнювати нулю, тобто $\sum q = 0$.

2. У кожному замкнутому кільці мережі, утвореному лініями мережі, суми втрат напорі на ділянках, в яких вода рухається за годинною стрілкою (умовно позитивний напрям), дорівнює сумі втрат напорі на ділянках, в яких вода рухається проти годинної стрілки (умовно негативний напрям), тобто алгебраїчна сума втрат напорі у кільцях дорівнює нулю, тобто $\sum h = 0$.

Для визначення витрат води в мережі, які задовольняють цим законам, необхідно знати діаметри ліній. Для знаходження діаметрів, у першу чергу,

необхідно задатись попереднім розподілом витрат з дотриманням балансу їх у вузлах, тобто $\sum q=0$. За цими витратами обирають діаметри ліній, після чого з'являється можливість визначення втрат напору. Якщо алгебраїчна сума втрат напору у кільцях не дорівнює 0, тобто $\sum h \neq 0$, то це вказує на необхідність проведення перерозподілу витрат по лініях мережі. Багатократне корегування витрат дозволяє дотриматись вимог: $\sum q=0, \sum h=0$.

Використовуючи результати розрахунків для різних режимів водоспоживання, можна визначити параметри водонапірної вежі й насосних агрегатів, які забезпечують надійну працездатність системи водопостачання.

За даними розрахунків водопровідної мережі визначають напір, який повинен розвивати насос, й висоту водонапірної вежі. На рис. 1.18 наведені схеми визначення висоти водонапірної вежі й напору насосів.

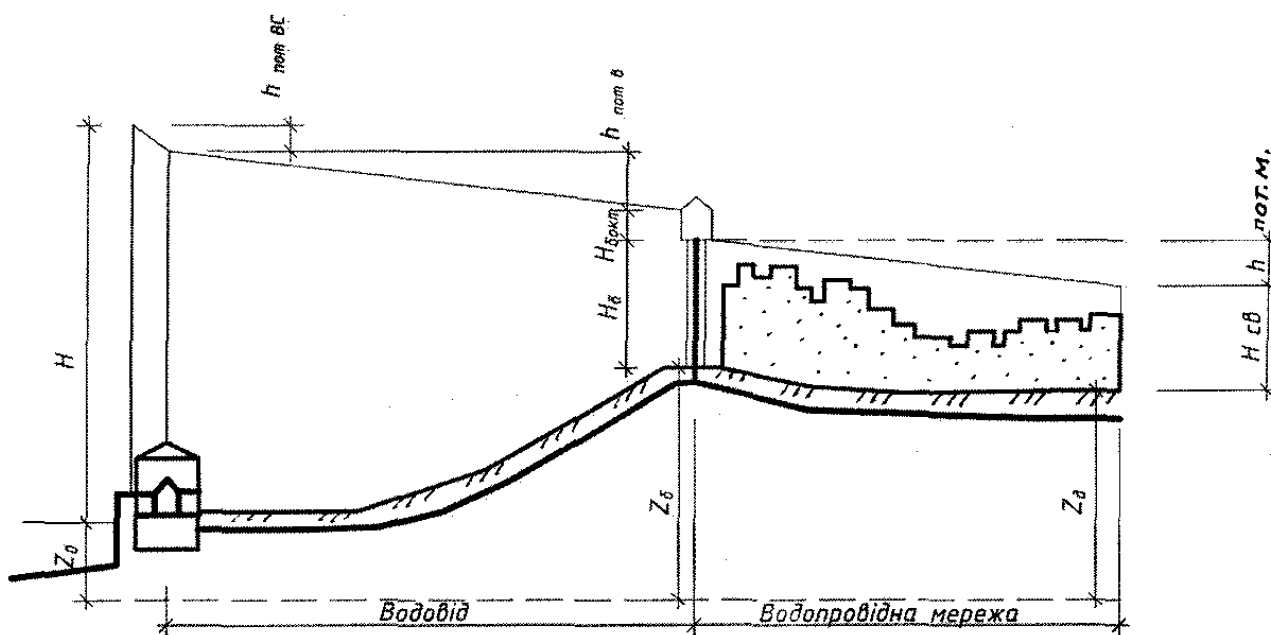


Рис. 1.18 - Схема визначення висоти водонапірної вежі й напору насосів

Висоту водонапірної вежі визначають за формулою

$$H_v = H_{\text{вільн.}} + h_{\text{втрати мережі}} - (Z_b - Z_d), \quad (1.34)$$

де $H_{\text{вільн.}}$ – вільний напір у диктуючій точці; $h_{\text{втрати мережі}}$ – сума втрат напору в мережі; Z_b, Z_d – відмітки поверхні землі у диктуючій точці та у місці розташування водонапірної вежі.

Напір насосів визначається наступним чином:

$$H = H_v + H_{\text{бака}} + h_{\text{втрати водоводу}} + h_{\text{втрати всмоктування}} + (z_6 - z_0), \quad (1.35)$$

де $H_{\text{бака}}$ – висота шару води у вежі; $h_{\text{втрати водоводу}}$ – сума втрат напору у всмоктуючому трубопроводі; z_0 – відмітка самого низького рівня води у водоймищі.

1.10. Схеми трасування й методи прокладання водопровідних мереж

Для транспортування води від джерела до об'єкту водопостачання служать водоводи. Їх виконують із двох або більше трубопроводів, які укладаються паралельно один одному. Для подачі води безпосередньо до місця її споживання служать водопровідні мережі. При трасуванні водопровідних мереж враховується планування об'єктів водопостачання, рельєф місцевості.

За конфігурацією в плані розрізняють водопровідні мережі тупикові (гілчасті) і кільцеві (замкнуті). Тупикові мережі виконуються для невеликих об'єктів водопостачання, при скупченому споживанні води у віддалених одна від одної точках мережі. Кільцеві мережі виконують для безперебійного водопостачання, що гарантується можливістю двобічного живлення водою будь-якого споживача.

У господарсько-питних і виробничих водопроводах, як правило, застосовують кільцеві мережі. У протипожежних водопроводах улаштування кільцевої мережі обов'язкове.

Водогінні мережі завжди проектують як кільцеві мережі. Методи прокладання водогінних мереж: 1 - роздільний, 2 - суміщений.

Розподільні водогінні мережі прокладають по вулицях міста: при роздільному методі прокладки - в технічній смузі уздовж проїзної частини, при суміщеному методі - в міському колекторі під тротуаром (рис. 1.19, 1.20, 1.21).

Розвідні водогінні мережі в мікрорайоні беруть свій початок від ПНУ, розташованої в будинку ЦТП. При роздільному методі прокладки водогінні

мережі укладають в землі на відстані не менше 5 м до будинку з боку дворових фасадів. У цьому разі водогінні мережі влаштовують з чавунних труб. На відгалуженнях розміщують водопровідні колодязі з запірною арматурою.

При спільній прокладці водогінної мережі разом з тепловими, електричними і телефонними мережами їх прокладають у прохідних каналах (колекторах, "зчіпках") і технічних підпіллях житлових будинків. У цьому випадку водогінні мережі влаштовують зі сталевих безшовних труб (рис. 1.22).

Для забезпечення безперебійної подачі води в будинок водогінні мережі повинні мати в мікрорайоні кільцеву схему. На розподільних і розвідних мережах через кожні 150 м мережі повинні встановлюватися пожежні гідранти. Від проїзної частини до гідранта має бути відстань не більше 2,0 м.

Прокладку розвідних водогінних мереж треба виконувати з максимальним використанням технічних підпілля і прохідних "зчіпок".

Для обліку витрати споживаної води в технічних підпіллях будинків передбачають водоміри. Вони можуть установлюватися на вводах в будинки, стояках і на відгалуженнях у кожному квартиру.

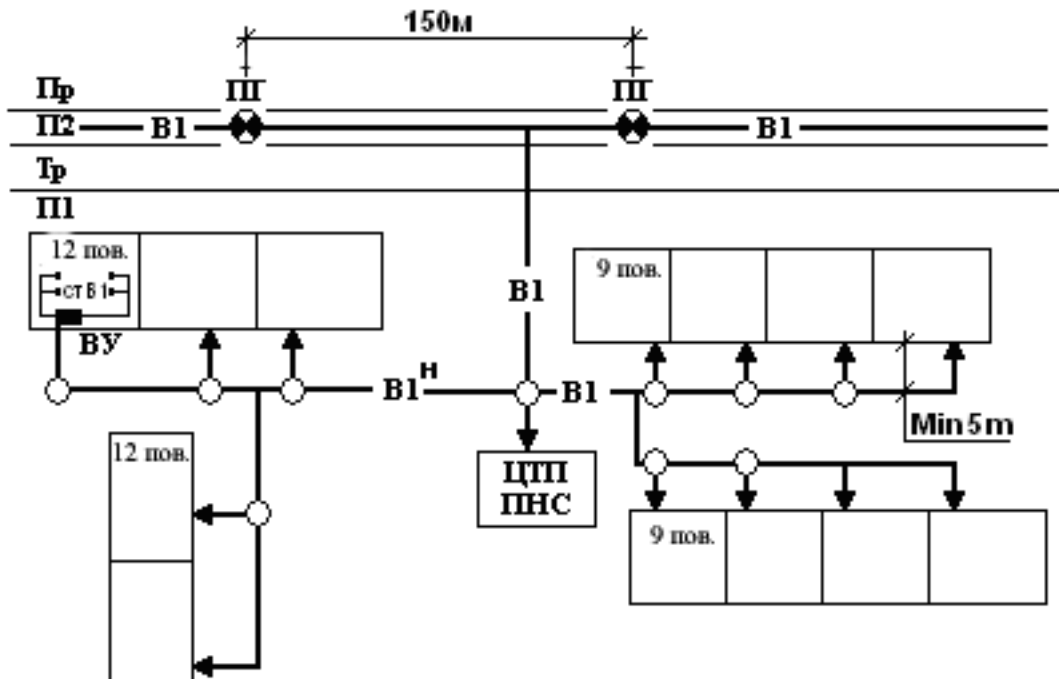


Рис. 1.19 – Роздільний метод прокладання водогінних мереж

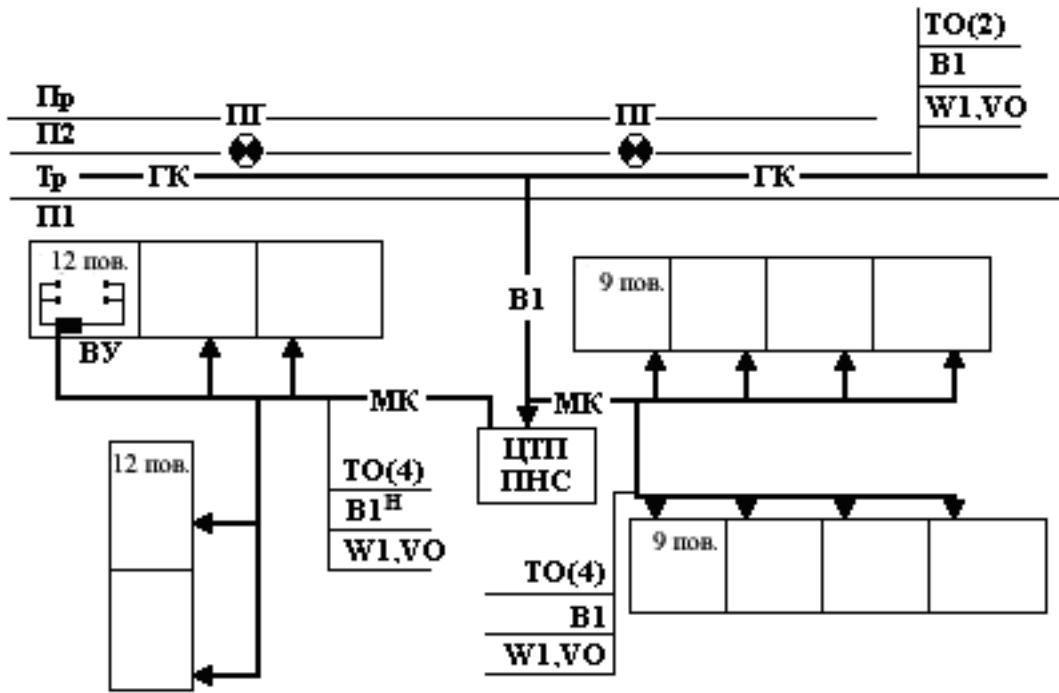


Рис. 1.20 – Суміщений метод прокладання водогінних мереж у ГК і МК

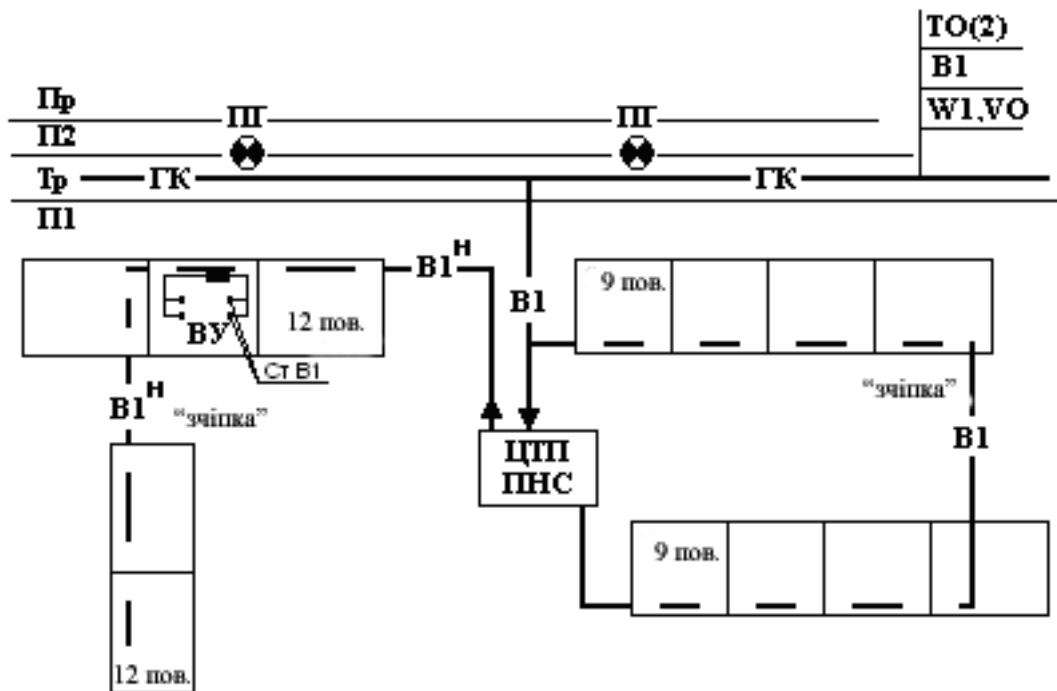


Рис. 1.21 – Суміщений метод прокладання в ГК і по технічних підпіллях та "зчіпках"

"Зчіпки" можуть бути прохідні, напівпровідні й непрохідні.

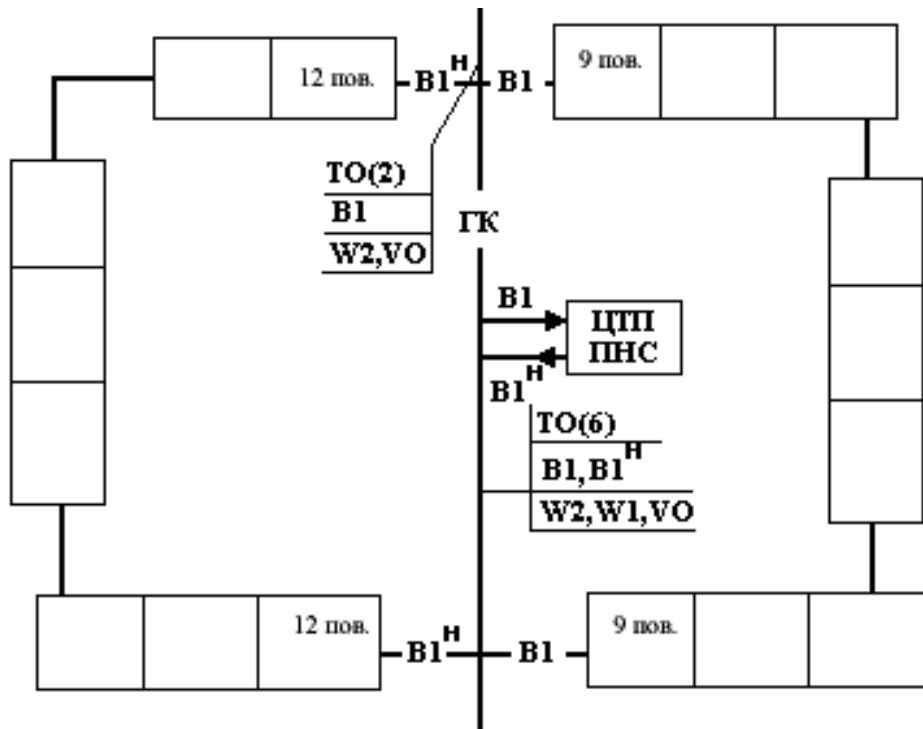


Рис. 1.22 – Суміщений метод прокладання в ГК, що проходить по території мікрорайону

На рис. 1.23 наведена принципова схема водогінної мережі від комплексу водозабірних споруд (КВС) до споживача.

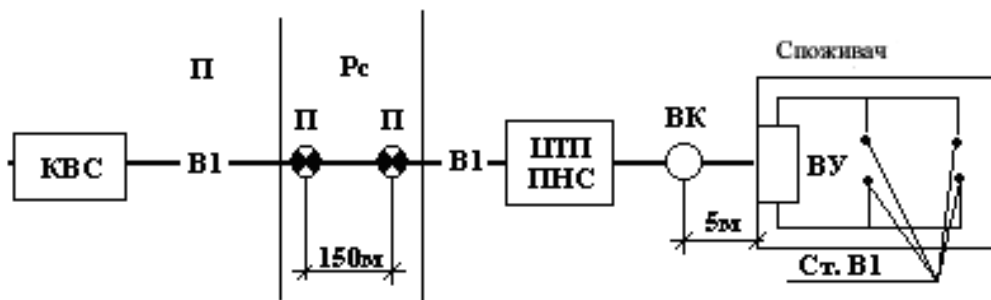


Рис. 1.23 – Схема водогінної мережі

Приклади розрахунків

Приклад 1.1. Визначити витрати води на господарсько-питні потреби населення міста, на комунальні потреби міста та на гасіння пожеж при загальній площі забудови 252,2 га. Щільність населення на розрахунковий період – 295 чол./га.

У населеному пункті воду витрачають на господарсько-питні потреби населення (Q_1), комунальні потреби (Q_2), гасіння пожеж (Q_3), на потреби промислових підприємств (Q_4):

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4$$

Розрахункове населення міста:

$$N = P \cdot F = 295 \cdot 252,2 = 74399,$$

де P – щільність населення, чол/га;

F – площа території міста, га (визначається за генпланом).

Приймаємо розрахункове населення 74400 чол.

Визначення витрати води на господарсько-питні потреби населення районів міста (Q_1).

Добова витрата води на господарсько-питні потреби населення залежить від розрахункової кількості мешканців і норм водоспоживання. Знаходимо за (1.8):

$$(200 \cdot 74400) / 1000 = 14880 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Протягом року витрата води змінюється залежно від сезону і днів тижня. Водопровід розраховують на максимальну добову витрату (1.9):

$$1,1 \cdot 14880 = 16368 \text{ м}^3/\text{с}.$$

При визначенні максимальної годинної витрати необхідно знайти значення коефіцієнта годинної нерівномірності із залежності (1.11) і табл. 1.1. Приймаємо $\alpha = 1,2$, $\beta = 1,12$.

$$K_{\text{год.макс}} = \alpha_{\text{макс}} \cdot \beta_{\text{макс}} = 1,2 \cdot 1,12 = 1,344;$$

$$Q_{\text{год.макс}} = \frac{K_{\text{год.макс}} \cdot Q_{\text{год.макс}}}{24} = (16368 \cdot 1,344) / 24 = 916,608 \text{ м}^3/\text{год}$$

Розрахункова секундна витрата води на господарсько-питні потреби, л/с, визначається за (1.12):

$$Q_{\text{сек.макс}} = \frac{Q_{\text{год.макс}}}{3,6} = 916,608 / 3,6 = 254,6 \text{ л/с}.$$

Визначення витрати води на комунальні потреби міста (Q_2).

До комунальних потреб міста відносять полив зелених насаджень і механізовану мийку удосконалених покриттів проїздів. При відсутності даних про площі за видами благоустрою витрату води можна визначити, виходячи з норми 50-90 л стоку на одного мешканця, або для територій – 0,5 л/м²; майданів, проїздів і зелених насаджень – 4 л/м², як показано у формулі (1.13). Витрату води на полив удосконалених покриттів, проїздів, тротуарів, майданів населеного пункту, територій підприємств і зелених насаджень визначають за табл. 1.2.

Добову витрату води на полив визначають з розрахунку 70 л на одного мешканця:

$$Q_{\text{пол}} = 74400 \cdot 70 / 1000 = 5208 \text{ м}^3/\text{доб.}$$

Визначення витрат води на гасіння пожежі (Q₃).

Витрати води, л/с, на гасіння пожежі для населеного пункту визначають, виходячи з кількості населення й характеру забудови за формулою (1.14):

$$Q_{\text{пож.}} = q_{\text{пож.}} \cdot n + q'_{\text{пож.}} = (30 \cdot 20) + 10 = 70 \text{ л/с.}$$

де $q_{\text{пож.}}$ - розрахункова витрата води на гасіння однієї зовнішньої пожежі, приймають за табл. 1.3;

n – кількість одночасних пожеж (табл. 1.3);

$q'_{\text{пож.}}$ - розрахункова витрата води на внутрішнє гасіння пожежі, приймають рівною 10 л/с.

Витрати води на потреби промислових підприємств (Q₄) – див. розділ 1.

Визначається згідно методики наведеної в параграфі 1.7.

Контрольні запитання

1. Класифікація систем водопостачання міста.
2. Які фактори впливають на вибір схеми водопостачання міста або підприємства?
3. Характеристика джерел водопостачання.

4. Які фактори впливають на вибір джерела водопостачання підприємства, міста або населеного пункту?
5. Від чого залежить вибір типу водозабірної споруди?
6. Класифікація споруд для приймання підземних вод.
7. Улаштування водозабірної свердловини.
8. Улаштування шахтного колодязю.
9. Улаштування горизонтальних водозаборів.
10. Улаштування роздільної водозабірної споруди берегового типу.
11. Улаштування водозабору руслового типу.
12. Класифікація відцентрових насосів.
13. Влаштування відцентрового насосу.
14. Принцип роботи відцентрового насосу.
15. Робочі характеристики відцентрового насосу.
16. Принцип дії ерліфту і гідроелеватора.
17. Які вимоги до якості води питної?
18. Методи очищення води.
19. Призначення процесів коагулювання і відстоювання води.
20. Улаштування освітлювачів води.
21. Улаштування фільтрів для очищення води.
22. Спосіб знезаражування води.
23. Які застосовують методи спеціальної обробки води?
24. Опріснення води.
25. Арматура водопровідної мережі, її призначення.
26. Улаштування збірного залізобетонного колодязю.
27. Особливості прокладки водопроводів у районах з високими температурами зовнішнього повітря і при негативних температурах.
28. Призначення водонапірної вежі у системі водопостачання.
29. Улаштування водонапірної вежі.
30. Призначення резервуарів.

31. Як визначають витрати води на господарсько-питні потреби населення?
32. Як визначають витрати води на комунальні потреби міста?
33. Як визначають витрати води на гасіння пожежі?
34. Які фактори впливають на норми водоспоживання?
35. Яким коефіцієнтом визначається добова нерівномірність споживання води?
36. Що таке „режим водоспоживання” міста, підприємства?
37. Як визначається добова витрата води?
38. Як визначаються розрахункові годинні витрати води?
39. Призначення і визначення вільного напору води в будівлі.
40. Як визначається геометрична висота подачі води в будівлю?
41. Поняття п'єзометричного напору у зовнішній водонапірній мережі.
42. Принцип трасування водопровідних мереж.
43. Принцип гідравлічного розрахунку зовнішніх водопровідних мереж.
44. Як визначають розрахункові витрати води на ділянках мережі?
45. Як визначають втрати напору на ділянках водопровідної мережі?
46. Як визначають напір насосів для водопровідної мережі?
47. Методи прокладки розподільних мереж водопостачання.
48. Методи прокладки розвідних мереж водопостачання.

2. КАНАЛІЗАЦІЯ

2.1. Призначення та класифікація систем каналізації

Системи каналізації населених місць призначені для приймання і транспортування стічних вод, їхнього очищення і знешкодження, утилізації корисних речовин, що утримуються в них, і скидання очищених вод.

Система каналізації складається із наступних елементів: внутрішніх каналізаційних улаштувань будівель, зовнішньої внутриквартальної каналізаційної мережі, зовнішньої вуличної каналізаційної мережі, насосних станцій і напірних трубопроводів, очисних споруд і улаштувань для випуску очищених стічних вод до водоймищ.

Системи каналізації можна класифікувати за наступними ознаками:

1. залежно від надходження стічних вод;
2. за напором;
3. за схемою відводу стічних вод;
4. за схемою трасування;
5. за призначенням;
6. за басейнами каналізування;
7. за методом видалення стічних вод.

Перша ознака

Стічні води, що утворюються в межах населених місць і на промислових підприємствах, можна підрозділити на три категорії:

1. Побутові, поступаючі з унітазів, раковин, ванн та інших побутових приладів;
2. Виробничі води, що утворюються в результаті використання води в різних технологічних процесах виробництва;
3. Дощові (атмосферні), що з'являються на поверхні проїздів, площадок, дахів, і при атмосферних опадах і таненні снігу.

Друга ознака

Видалення стічних вод за межі населених місць і промислових підприємств здійснюється, як правило, самопливом. Насосні станції для перекачування стічних вод улаштовують перед очисними спорудами або на окремих ділянках мережі з метою зменшення глибини закладання самопливних трубопроводів.

Третя ознака

Залежно від того, які категорії стічних вод відводить каналізаційна мережа, розрізняють наступні системи каналізації:

- загальносплавна - стічні води всіх категорій по одній підземній мережі надходять на очисні споруди, тому що в період сильних дощів витрата стічних вод дуже велика, а концентрація забруднень їх мала, частина стічних вод скидається без очищення через спеціальні улаштування – зливоспуски.
- роздільна - побутові стоки надходять на очисні споруди, дощові води - у найближчі водні потоки. При роздільній системі каналізації окремі види стічних вод, які вміщують забруднення різного характеру, відводять по самостійних мережах. При повній роздільній системі каналізації влаштовують не менше 2-х мереж. Мережа для відводу побутових стічних вод називається побутовою. Мережа для відводу атмосферних вод називається дощовою або водостічною. На рис. 2.1 представлена схема повної роздільної системи каналізації.
- напівроздільна - дві роздільних мережі і колектор, що перехоплює стічні води. В розділових камерах регулюється відведення дощових вод на скидання у водойми і забруднених вод на очищення.

Виробничі стічні води, забруднення яких аналогічні забрудненням побутових стічних вод, відводять по побутовій мережі. Якщо характер забруднень виробничих стічних вод такий, що сумісне очищення їх з побутовими стічними водами неможливе, їх відводять по самостійних мережах.

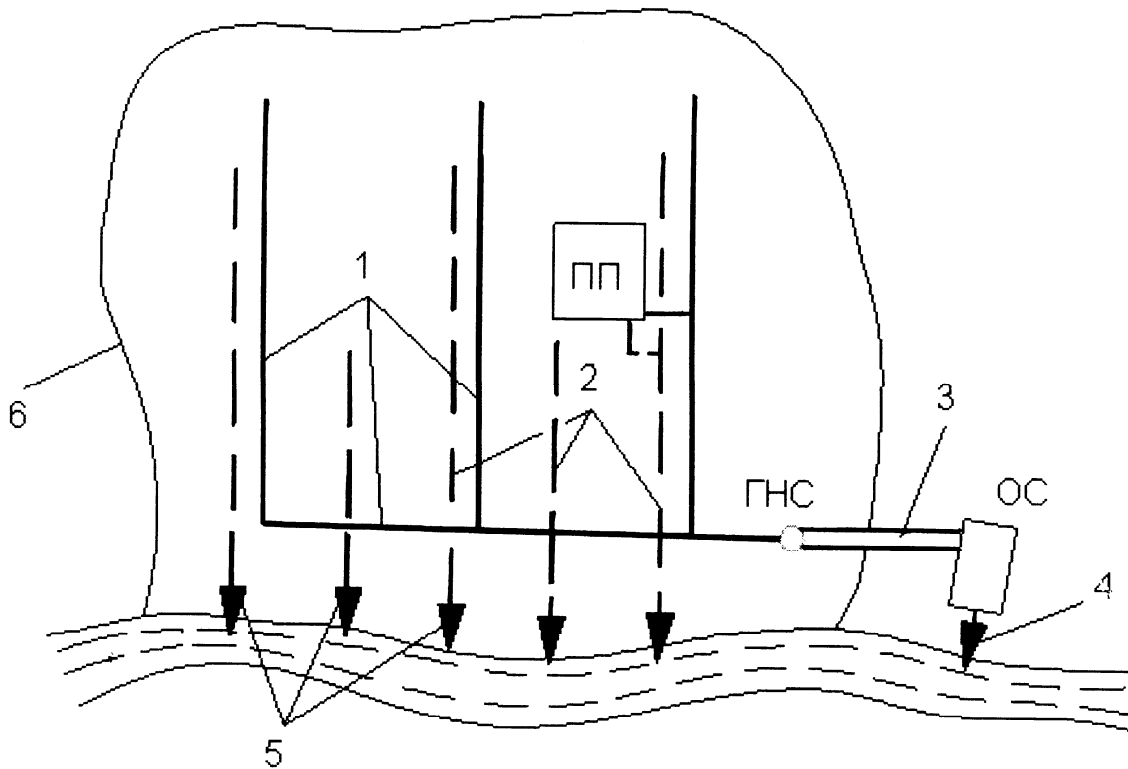


Рис. 2.1 - Схема повної роздільної системи каналізації

1- побутова мережа; 2 – виробничо-дощова мережа; 3 – напірні трубопроводи; 4 – випуск очищених побутових і виробничих стічних вод; 5 – випуски атмосферних й умовно-чистих виробничих стічних вод; 6 – межа міста; ГНС – головна насосна станція; ОС – очисні споруди; ПП – промислове підприємство

При неповній роздільній системі не влаштовують дощової мережі трубопроводів. Атмосферні стічні води стікають до водоймищ по лотках.

При напівроздільній системі каналізації у місцях перетину самостійних каналізаційних мереж для відводу різних видів стічних вод мають водозбірні камери, які дозволяють найбільш забруднені дощові води при малих витратах відводити до побутової мережі, а потім по колектору на очисні споруди; а при зливах скидати порівняно чисті води до водоймища (рис. 2.2).

- комбінована - різна по районах міста.

Найбільш досконала в санітарному відношенні напівроздільна схема каналізації, найбільш поширена - роздільна.

Для промислових підприємств застосовують загально сплавні або роздільні системи з місцевими очисними спорудами у випадку необхідності, із-за великого різноманіття виробничих стічних вод.

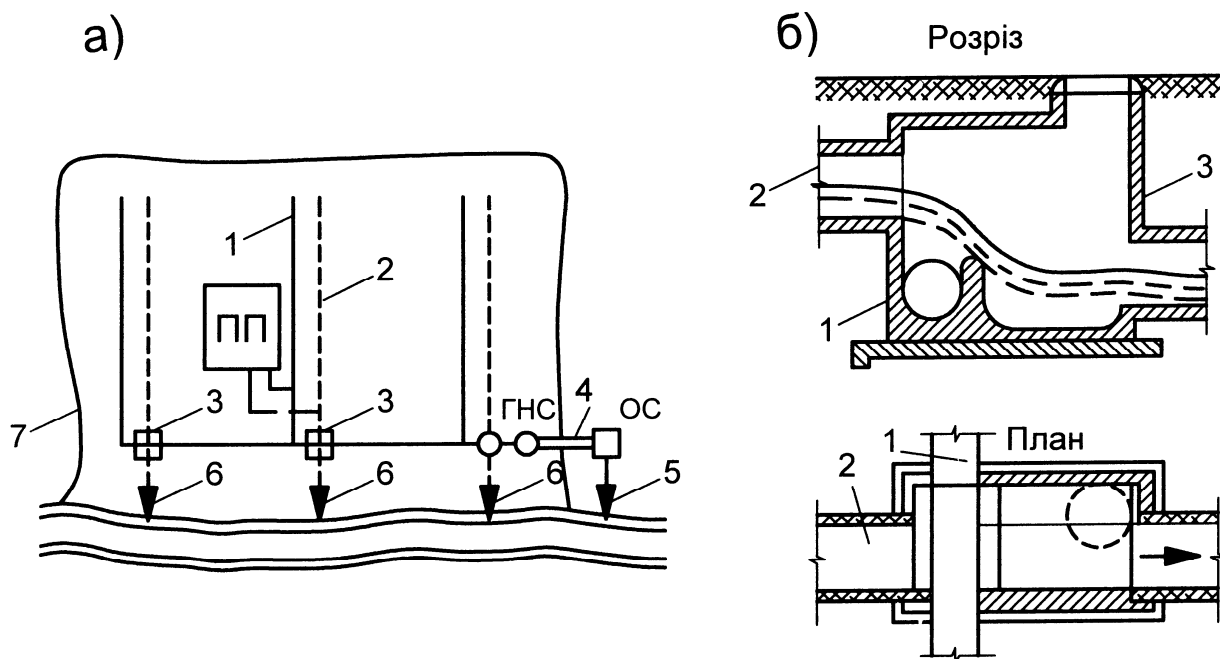


Рис. 2.2 - Напівроздільна система каналізації

а – схема системи; б – водозбірна камера; 1 – побутова мережа; 2 – виробнича дощова мережа; 3 – водозбірні камери; 4 – напірні трубопроводи; 5 – випуск очищених стічних вод; 6 – зливовідводи; 7 – межа міста; ГНС – головна насосна станція; ОС – очисні споруди; ПП – промислове підприємство

Четверта ознака

Каналізаційні мережі працюють при самотічному режимі з частковим наповненням перерізу трубопровода. У зв'язку з цим рішення схеми залежить в основному від рельєфу місцевості, ґрунтових умов і розташування водоймищ.

Різноманіття місцевих умов пропонує багато схем каналізаційних мереж. Ці схеми можуть бути класифіковані наступним чином:

1. Перпендикулярна схема – колектори басейнів каналізування трасовані перпендикулярно напрямку руху води до водоймища (в основному для спуску атмосферних вод, які не потребують очищення) (рис. 2.3, а).

2. Перетинна схема – колектори басейнів каналізування трасовані перпендикулярно напрямку руху води до водоймища і перехвачені головним колектором, який трасований паралельно річці. Таку схему застосовують при повільному падінні рельєфу до водоймища і необхідності очищення стічних вод (рис. 2.3, б).

3. Паралельна схема – колектори басейнів каналізування трасовані паралельно напрямку руху води до водоймища і перехвалені головним колектором, який прокладений перпендикулярно напрямку руху води до водоймища (рис. 2.3, в).

4. Зонна схема – територія каналізування розбита на дві зони: з верхньої стічні води відводяться до очисних споруд самотіком, а з нижньої вони перекачуються насосною станцією (рис. 2.3, г).

5. Радіальна схема – очищення стічних вод здійснюється на двох або більшому числі очисних станціях. Таку схему застосовують при складному рельєфі місцевості і у великих містах (рис. 2.3, д).

На рис. 2.3 наведені схеми каналізаційних міських мереж.

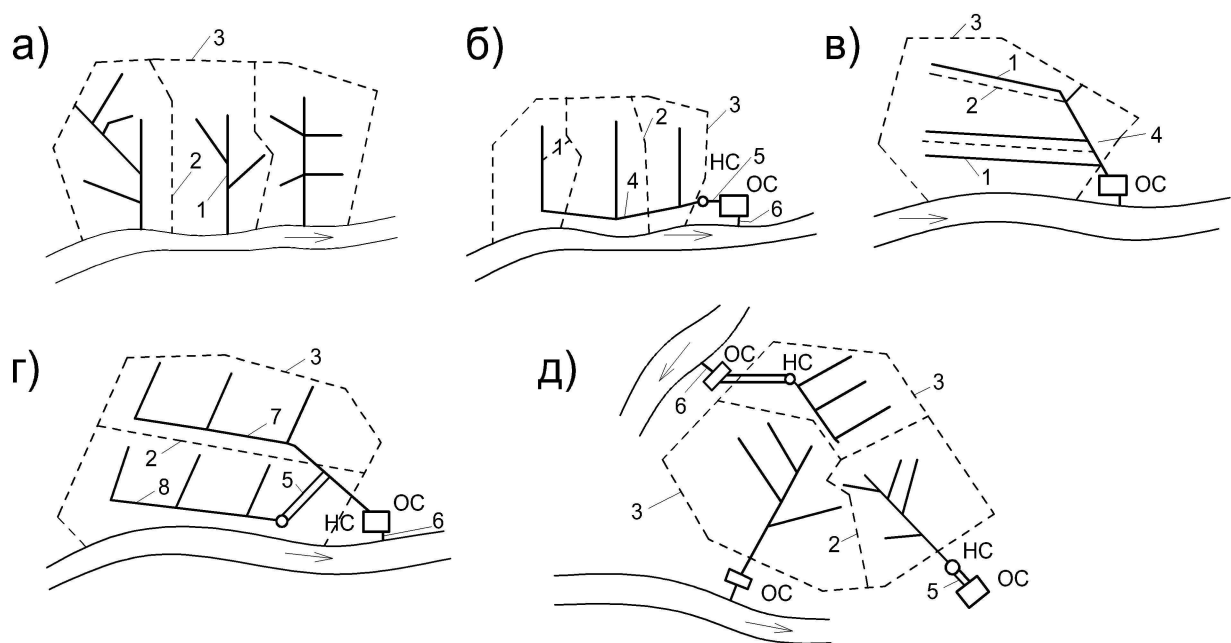


Рис. 2.3 - Схеми каналізаційних мереж

а – перпендикулярна; б – перетинна; в – паралельна; г – зонна; д – радіальна; 1 – колектор басейнів каналізування; 2 – межа басейну каналізування; 3 – межа об'єкту каналізування; 4 – головний колектор; 5 – напірний трубопровід; 6 – випуск; 7 – головний колектор верхньої зони; 8 – те ж, нижньої зони

Важливе значення має трасування вуличних каналізаційних мереж. Розрізняють три наступні схеми трасування вуличних мереж, які наведені на рис. 2.4:

1. Об'ємне трасування (рис. 2.4, а) – вуличні мережі обгортають кожний квартал з усіх боків. Цю схему застосовують при плоскому рельєфі місцевості і великих кварталах;

2. Трасування по зниженому боку кварталу (рис. 2.4, б) – вуличні мережі прокладені зі знижених боків кварталу. Цю схему застосовують при значному падінні місцевості;

3. Крізьквартальне трасування (рис. 2.4, в) – вуличні мережі прокладені усередині кварталів та мікрорайонів.

Каналізаційні лінії прокладаються прямолінійно, у місцях поворотів мережі, у місцях зміни нахилу лінії і діаметру труб, а також у місцях з'єднання декількох ліній влаштовують колодязі. Повороти лінії і приєднання виконують під кутом, який дорівнює або менший 90° .

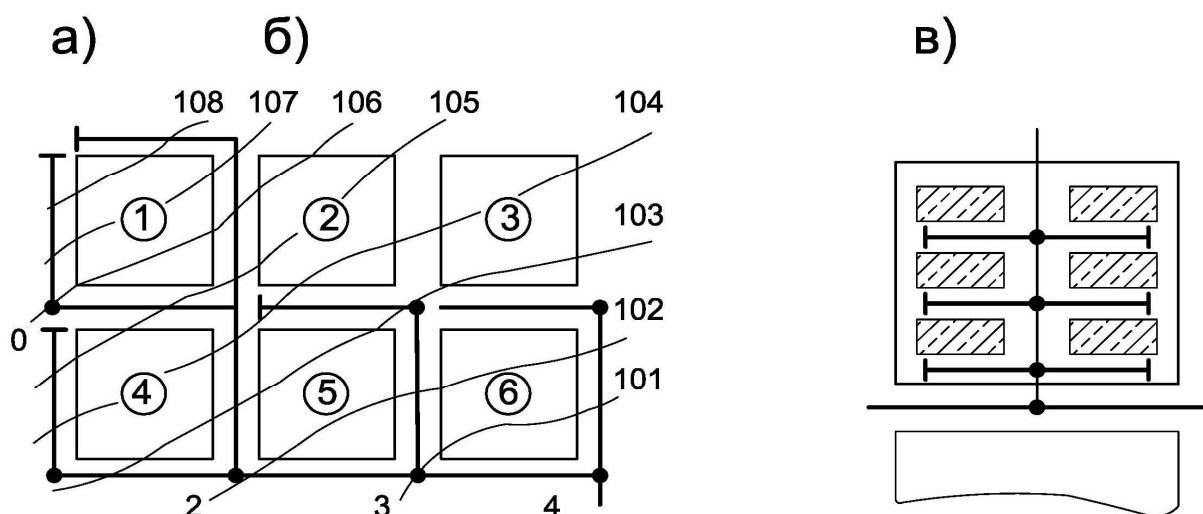


Рис. 2.4 - Схеми трасування вуличних мереж
а – об'ємне трасування; б - по зниженому боку кварталу; в – крізьквартальна;
1-6 – квартали

П'ята ознака

За призначенням каналізаційні мережі поділяються на приймальні, збиральні і відвідні.

Приймальні каналізаційні мережі служать для приймання стічних вод від систем внутрішньої каналізації. Схема каналізації населеного пункту

(принципове рішення обраної системи каналізації з трасування мереж, розташування очисних споруд) визначається головним чином рельєфом, планом забудови території, гідрогеологічними, гідрологічними, санітарними та іншими умовами. Схема може бути централізованою, коли всі стічні води міста спрямовуються на ті самі очисні споруди, і децентралізованою при влаштуванні двох чи більше очисних станцій.

Стічні води від окремих кварталів надходять у збираючі мережі, що далі об'єднуються в головний відвідний колектор, по якому вони спрямовуються на очисні споруди (ККОС).

Шоста ознака

Каналізаційні мережі прокладають відповідно рельєфу місцевості, поділяючи всю територію міста на басейни каналізування. Басейном каналізування називають частину території, обмежену водорозділами. Ділянки каналізаційної мережі, які збирають стічні води з одного або декількох басейнів каналізування, називаються колекторами.

Колектори поділяють на такі види:

- 1) колектори басейнів каналізування, які збирають стічні води з окремих басейнів;
- 2) головні колектори, які приймають і транспортують стічні води з двох або більше колекторів басейнів каналізування;
- 3) замістові відводячі колектори, які відводять стічні води транзитом за межі об'єкту каналізування до насосних станцій і очисних споруд або до місця їх випуску до водоймищ.

Колектори звичайно прокладають по знижених ділянках місцевості для забезпечення прокладки ділянок вуличної мережі, які лежать вище і приєднуються до них, з мінімальною глибиною. При великій глибині закладання колекторів застосовують насосні станції перекачування, які подають воду до очисних споруд по напірним трубопроводам.

Сьома ознака

При вивізній каналізації в невеликих населених пунктах рідкі забруднення збирають до приймальників і періодично вивозять на поля асенізації для обробки, що є недоцільним економічно.

При сплавній каналізації стічні води по підземних трубопроводах транспортують на очисні споруди, де вони підлягають інтенсивному очищенню у штучно створених умовах.

2.2. Склад забруднень і методи очистки стічних вод

Очисними називаються споруди, які призначені для очищення стічних вод й переробки їх осаду. Способи очищення, склад і розміри очисних споруд визначаються розрахунком залежно від характеру і концентрації забруднень стічних вод, потужності і здібності самоочищення водоймища, наявності міст і промислових підприємств нижче по течії річки, а також призначення водоймища.

Після очищення стічні води через улаштування, які називаються випусками, скидаються до водоймища.

Види й склад забруднень стічних вод

Забруднення вод можуть бути мінеральними і органічним. До мінеральних забруднень відносять пісок, глину, розчини мінеральних солей, кислот і лугу. Органічні забруднення бувають рослинного походження і тваринного. У побутових стічних водах вміщується близько 60 % органічних і 40 % мінеральних забруднень.

Стічні води можуть вміщувати нерозчинні, колоїдні і розчинні забруднення. Кількість нерозчинних забруднень, які вносить 1 людина, складає близько 65 г на добу. Міські стічні води представляють собою суміш побутових і виробничих стічних вод. Концентрація нерозчинних забруднень стічних вод, г/м³, визначається за формулою

$$P = \frac{P_{i \text{ áòò.}} \cdot Q_{i \text{ áòò.}} + P_{\text{áèð.}} \cdot Q_{\text{áèð.}}}{Q_{i \text{ áòò.}} + Q_{\text{áèð.}}}, \quad (2.1)$$

де $P_{\text{побут.}}$, $P_{\text{вир.}}$ – концентрація нерозчинних забруднень побутових і виробничих стічних вод, г/м³; $Q_{\text{побут.}}$, $Q_{\text{вир.}}$ – витрати побутових і виробничих стічних вод, м³/доб.

В процесі обробки стічних вод на очисних спорудах значна частина нерозчинних забруднень випадає у відстійниках, утворюючи осад. Для оцінки співвідношення органічних і мінеральних речовин в осаді використовують поняття зольність, яке характеризує кількість у ньому мінеральних речовин.

Кількість кисню, яка необхідна для окислення органічних речовин аеробними мікроорганізмами у процесі їх життєдіяльності, називається біохімічною потребою у кисні (БПК). Ця величина виражається у мг/л або г/м³.

Так як БПК не характеризує загальну кількість органічних речовин у стічних водах, визначають ще й хімічну потребу у кисні (ХПК). БПК не враховує органічні речовини, які йдуть на зростання бактерій, а також сталі органічні речовини, які не підлягають біохімічним реакціям. У міських стічних водах БПК₂₀ складає приблизно 86 ХПК. Звичайно визначають БПК за 5 або 20 діб і позначають її відповідно БПК₅ і БПК₂₀.

Умови спуску стічних вод до водоймищ

Умови спуску стічних вод до водоймищ визначаються відповідними правилами і санітарними нормами. Встановлені наступні нормативні показники якості води водоймища: розчинений кисень, кількість розчиненого у воді водоймища кисню після змішування з нею стічних вод; біохімічна потреба у кисні; звішені речовини і активні реакції води (рН), які повинні бути у межах 6,5-8,5. Для води водоймищ встановлені також нормативні показники офарблення, наявності отруйних речовин, звисів, збудників захворювань, мінеральному складу, температурі, радіоактивних речовин.

Під здібністю самоочищення водоймищ розуміють концентрації забруднень внаслідок біохімічних, хімічних і фізичних процесів, які відбуваються у водоймищі.

Методи очистки стічних вод і склад очисних споруд

Для обробки стічних вод застосовують механічну, фізико-хімічну і біологічну очистки. Очищена стічна рідина перед спуском до водоймища підлягає дезинфекції.

В результаті механічної очистки видаляються нерозчинні і частково колоїдні забруднення. Крупні забруднення затримуються решітками, забруднення мінерального походження – пісколовками. Основна маса нерозчинних забруднень органічного походження утримується у відстійниках. Для видалення забруднень, що плавають, застосовують жироловки, нафтоловки, відділювачі олії. Для обробки виробничих стічних вод застосовують флотацію, вводячи до стічної рідини повітря і речовини, що утворюють піну. Бульбашки повітря і частки речовин, що утворюють піну, збирають забруднення. До споруд механічної очистки відносять також септики, відстійники і освітлювачі, в яких освітлюється рідина.

Фізико-хімічну очистку застосовують головним чином для обробки деяких видів виробничих стоків. До цих методів відносять сорбцію, екстракцію, евапорацію, електроліз, іонний обмін і т. ін.

Суть біологічної очистки вміщується в окисленні органічних речовин мікроорганізмами. Розрізняють біологічну очистку стічних вод в штучних умовах (біологічні фільтри і аеротенки) та в умовах, які близькі до природних (поля фільтрації й біологічні пруди).

Для дезинфекції очищених стічних вод частіше застосовують хлорування.

Для зниження концентрації органічних забруднень біологічно очищених стічних вод застосовують сорбцію на активованих вуглях або хімічне окислення озоном. Іноді виникає задача видалення із стічних вод біогенних елементів – азоту й фосфору, які сприяють розвитку водної рослинності. Азот

видаляють фізико-хімічними і біологічними методами, фосфор видаляють хімічним осадженням з застосуванням солей заліза і алюмінію.

Великі маси осаду, що накопичуються в очисних спорудах, обробляють не лише у септиках, відстійниках і освітлювачах, але й у метантенках, які служать для осадження осаду.

Обробка осаду заключається у зброженні його органічної частини за допомогою анаеробних, тобто тих, що живуть без кисню, мікроорганізмів.

На рис. 2.5 подана схема станції з біологічною очисткою стічних вод в аеротенках.

Споруди механічної очистки стічних вод

Решітки призначені для утримання крупних забруднень. Встановлюють їх у приймальних резервуарах насосних станцій. Решітки бувають пересувні, не пересувні і решітки-дробилки.

Пісколовки призначені для утримання піску. Пісколовки бувають горизонтальні і з обертальним рухом води (тангенційні та аеробні). Горизонтальна пісколовка складається з проточної та усадочної частин (рис. 2.6).

Пісок збирається у бункера скребковим механізмом 1. Із бункера пісок видаляється гідроелеватором 2. Тангенційні пісколовки мають круглу форму в плані. Підвод води до них здійснюється по дотичній, що викликає виникнення гвинтового руху, який сприяє відмиванню піску від органічних речовин, виключаючи випадіння їх в осад.

Відстійники служать для утримання нерозчинних забруднень у стічній рідині. Відстійники застосовують як споруди попередньої очистки стічних вод перед спорудами біологічної очистки. У цьому випадку їх називають первинними. Основними показниками відстійників є тривалість відстоювання і максимальна швидкість протікання стічної рідини.

Відстійники бувають горизонтальні, які представляють собою в плані горизонтальний резервуар, поділений на декілька відділень, вертикальні і

радіальні. Радіальний відстійник представляє собою круглий в плані резервуар малої глибини, в якому потік рухається від центру до периферії.

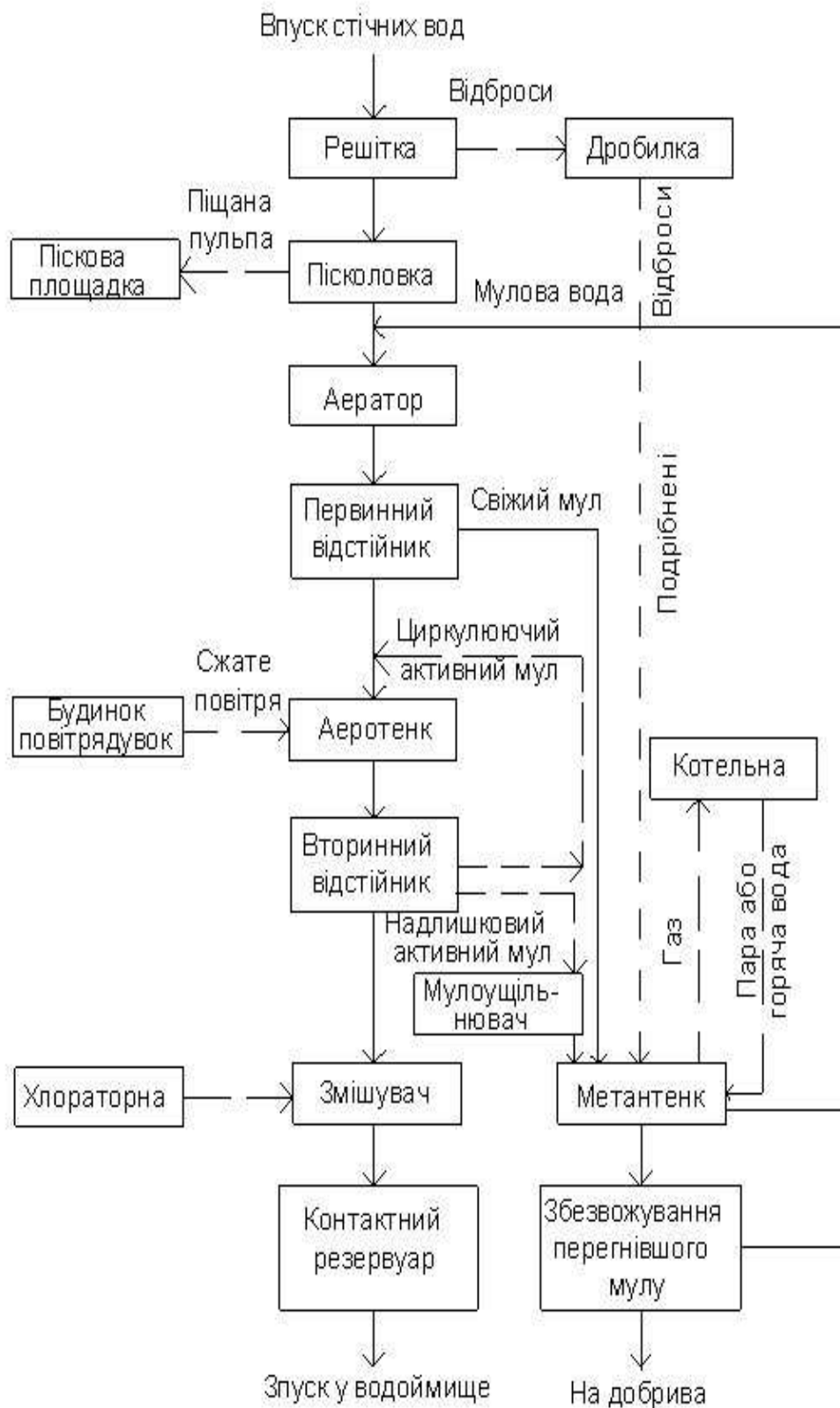


Рис. 2.5 - Схема станції з біологічною очисткою стічних вод

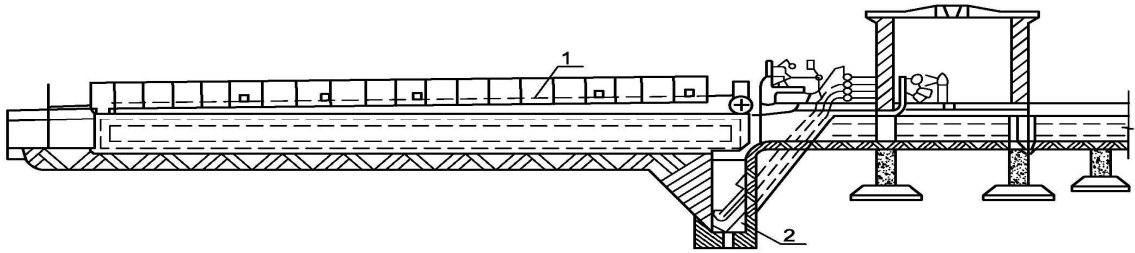


Рис. 2.6 - Горизонтальна пісколовка

Споруди для обробки осаду

Септики представляють собою прямокутні або круглі проточні резервуари, в яких відбувається освітлення стоків і збражування осаду. Час перебування у септиках 1-3 діб, а час збражування 6-12 місяців. Септики застосовують для обробки лише малих кількостей стічної рідини – не більше 25 м³/доб.

Відстійники служать для освітлення стічної рідини і збражування осаду. Розрізняють круглі та прямокутні в плані відстійники. Перші застосовують частіше.

Для освітлення стічної рідини служать також освітлювачі-перегнивачі з природною аерацією, яка здійснюється за рахунок всмоктування повітря із атмосфери за рахунок напору, який виникає із-за різниці рівней води у лотці і освітлювачі.

Метантенки представляють собою круглий або прямокутний в плані резервуар, який служить для збражування осаду з відстійників і надлишкового ілу. Для інтенсифікації анаеробного процесу розпаду осаду його підігрівають і перемішують. Підігрівають осад гострою парою, яка випускається за допомогою ежектору. Перемішують осад мішалками, гідроелеваторами і насосами. Газ, який виділився у метантенках, збирають і використовують як пальне. На рис. 2.7 представлений переріз метантенку.

Розрізняють мезофільне й термофільне брожіння залежно від температури процесу (33-53 °С). По інструкції розрізняють метантенки з

нерухомими затепленими перекриттями, з нерухомими зануреними перекриттями і з засувними або плаваючими незануреними перекриттями.

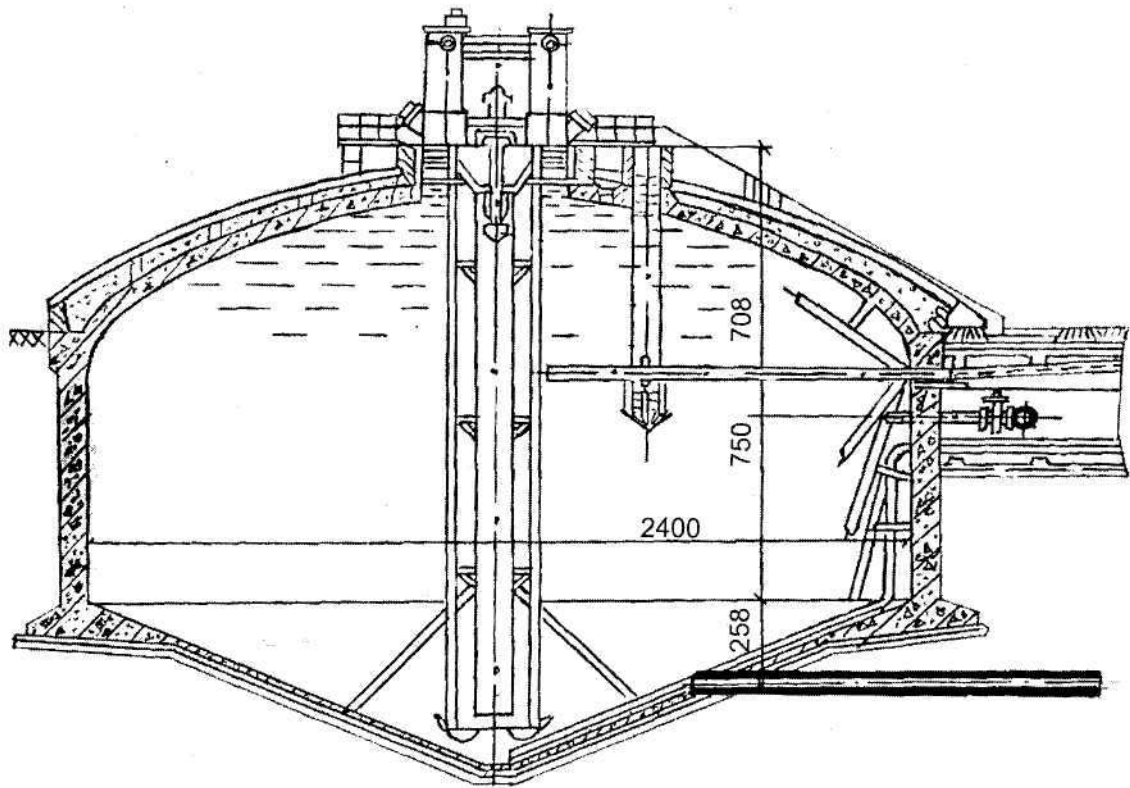


Рис. 2.7 - Метантенк

Мулові площадки, які служать для знезвожування осадків, представляють собою сплановані земельні ділянки, поділені на карти земляними валами. Мулові площадки влаштовують звичайно на природній основі на глибині залягання ґрунтових вод – не менше 1,5 м від поверхні карт. При малій території, а також при заляганні ґрунтових вод на глибині менше 1,5 м на площадках влаштовують трубчастий дренаж. Підсушений осад використовують як добриво.

При відсутності земельних площадок застосовують механічне знезвожування осадів: вакуум-фільтрування, фільтр-пресування.

Частіше здійснюють механічне знезвожування у вакуум-фільтрі, який представляє собою горизонтальний циліндричний барабан, обтягнутий тканиною. Барабан поділений на декілька секторів, частково занурений у

ємність зі зброженим осадом, повільно обертається. Вакуум-насосом у секторах утворюється вакуум, внаслідок чого осад прилипає до фільтруючої тканини, а вода відводиться по трубі. Осад з активним мулом спрямовується до ущільнювачів. Перед задачею у вакуум-фільтрі осад підлягає коагулюванню, де у якості реагентів застосовують хлорне залізо, сернокисле залізо.

Для термічної обробки осаду існують наступні апарати: сушили барабанного типу, пневматичні сушили, сушили з киплячим шаром.

Споруди біологічної очистки стічних вод

Біологічні фільтри відносяться до споруд біологічної очистки стічних вод у штучних умовах. За продуктивністю біофільтри поділяються на крапельні і високонавантажені. За способом подачі повітря розрізняють біофільтри з природною і штучною вентиляцією.

Крапельні, високонавантажені біофільтри зі штучною вентиляцією називаються аерофільтрами.

Крапельні біофільтри складаються з таких елементів: водозахисної основи, дренажу, стінок, фільтруючого завантаження і розподільчого пристрою. Суть процесів у біофільтрі така: на поверхні зерен завантаження фільтру сорбуються нерозчинні і колоїдні забруднення, утворюючи біологічну плівку, яка заселена мікроорганізмами. Попадаючи на цю плівку, розчинні забруднення стічних вод окислюються мікроорганізмами. Плівка змивається стічною рідиною і видаляється з біофільтру.

Високо навантажені біофільтри відрізняються від крапельних збільшенням крупності зерен, зміною розмірів конструкцій, висоти завантаження. У якості завантаження використовують щебінь, гальку, керамзит, пластмасу.

Аеротенки відносяться до споруд біологічної очистки стічних вод у штучних умовах. Їх виконують у вигляді залізобетонних резервуарів (коридорів) глибиною 6-10 м. Освітлена рідина, що надходить до аеротенку, змішується з активним мулом. Активний мул – це скопичення мікроорганізмів,

здібних сорбувати на своїй поверхні органічні забруднення і окисляти їх у присутності кисню повітря. Суміш освітленої рідини й активного мулу по всій довжині аеротенку продувається повітрям. На рис. 2.8 представлена схема роботи аеротенку.

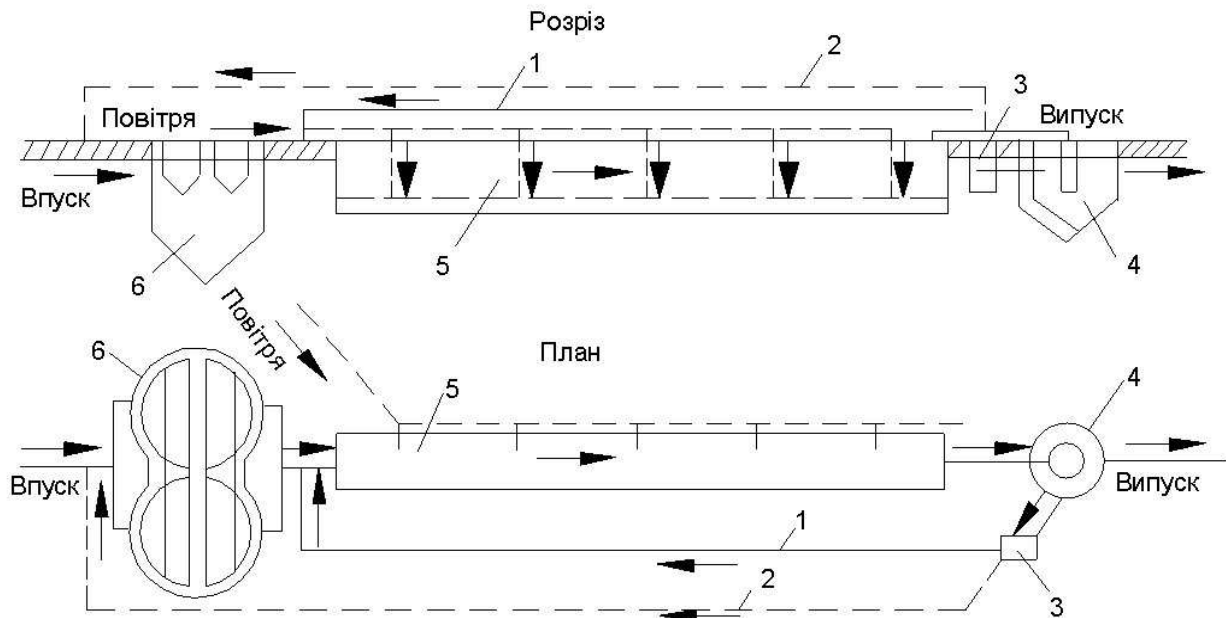


Рис. 2.8 - Схема роботи аеротенку

1 – активний мул, що циркулює; 2 – надлишковий активний мул; 3 – насосна станція 4 – вторинний відстійник; 5 – аеротенк; 6 – первинний відстійник

Із аеротенку суміш стічних вод з активним мулом спрямовується до вторинного відстійника, де активний мул осаджується і потім повертається до аеротенку. Цей мул носить назву активного мулу, що циркулює.

Розрізняють аеротенки з продувкою стічною рідиною стислим повітрям і аеротенки з механічною аерацією.

Стічна рідина, яка пройшла аеротенки, вміщує активний мул, а та, яка пройшла біофільтри, - біологічну плівку. Для їх утримання застосовують вторинні відстійники.

Надлишковий мул із вторинних відстійників спрямовується на мулоуловлювачі, які служать для зменшення їх вологості перед подачею до метантенків. Мулоуловлювачі бувають вертикальні і горизонтальні. Їх конструкції аналогічні конструкціям відстійників.

Знезаражування стічних вод

Знезаражування стічних вод роблять з метою знешкодження хвороботворних бактерій. Найбільше розповсюдження отримало знезаражування рідини рідким хлором.

Установка для знезаражування стічних вод складається з хлораторної, змішувача і контактних резервуарів. У хлораторній встановлюють хлоратори, які служать для дозування хлору і отримання хлорної води. Контактні резервуари для забезпечення потрібного бактерицидного ефекту розраховують на 30-хвилинний контакт хлору з водою.

Можливе знезаражування біологічно очищених стічних вод гипохлоритом натрію, який отримується шляхом електролізу розчину повареної солі.

Випуски очищених стічних вод до водоймищ

Конструкція випуску повинна забезпечувати добре пересування стічних вод з водою водоймища, що дозволяє краще використовувати його здібність самоочищення.

Випуски бувають скупченими, коли стоки випускаються через один отвір, і розсіяні, коли є декілька випускних отворів. Розрізняють також берегові та руслові випуски.

Берегові випуски бувають незануреними і зануреними.

При незанурених берегових випусках злив стічних вод робиться декілька вище рівню води у водоймищі. При занурених випусках влаштовується береговий колодязь.

Руслові випуски розташовують у водоймищі на деякій відстані від берега. За конструкцією найбільш сучасні розсіяні руслові випуски. Такі випуски закінчуються випускним оголовком у вигляді горизонтально розташованої труби, на боковій поверхні якої є виріз з поперечною напрямною для кращого змішування.

Дуже ефективно змішування забезпечує конструкція розсіяного фільтруючого струйного випуску у вигляді перфорованої труби з привареною до неї по усій довжині металевою обоймою з щілястими отворами.

2.3. Визначення розрахункових витрат стічних вод

Каналізаційну мережу і споруди розраховують на максимальну можливу витрату стічних вод – найбільшу секундну витрату, яка називається розрахунковою.

2.3.1. Визначення розрахункових витрат побутових стічних вод

Розрахункові витрати стічних вод визначаються відповідно СНиП. Витрати побутових стічних вод залежать від кількості мешканців і норми водовідведення побутових вод. Витрата виробничих стічних вод залежить від кількості продукції і норми водовідведення.

Нормою водовідведення називається добова витрата стічних вод на 1 мешканця, який використовує каналізацію, або на одиницю продукції, що випускається підприємством. Норма водовідведення дорівнює нормі водоспоживання. Стічні води надходять до мережі нерівномірно і в окремі дні і в окремі години доби. Нерівномірність їх надходження характеризується ступінчастим графіком, який аналогічний графіку водоспоживання.

Для обчислення розрахункових витрат замість коефіцієнтів добової нерівномірності $K_{\text{доб}}$ і годинної нерівномірності $K_{\text{год}}$ використовують загальний коефіцієнт нерівномірності:

$$K_{\text{заг}} = K_{\text{доб}} \cdot K_{\text{год}} \quad (2.2)$$

Загальний коефіцієнт нерівномірності побутових стічних вод залежить від їх середньої секундної витрати:

Середня витрата, л/с	5	15	30	50	100	200	800
K_{заг.}	3	2,5	2	1,8	1,6	1,4	1,2

Середньодобова витрата, м³/доб., визначається за формулою

$$Q_{\text{сер.доб.}} = \frac{q_n \cdot N}{1000}, \quad (2.3)$$

де q_p – питоме водовідведення від одного мешканця на добу, л/чол., залежить від благоустрою житла, кліматичних умов; N – розрахункова кількість мешканців.

Середня секундна витрата, л/с, визначається за формулою

$$q_{\text{сер.сек.}} = \frac{q_n \cdot N}{24 \cdot 3600}. \quad (2.4)$$

Каналізаційну мережу розраховують на пропуск максимальної секундної витрати за формулою

$$Q_{\text{макс.сек.}} = q_{\text{сер.сек.}} \cdot K_{\text{заг.}}. \quad (2.5)$$

Витрата стічних вод від промислових підприємств визначається наступним чином:

середня добова витрата, м³/доб.,

$$Q_{\text{сер.доб.}} = \frac{25N_1 + 45N_2}{1000}, \quad (2.6)$$

максимальна секундна витрата, л/с,

$$q_{\text{макс.сек.}} = \frac{25N_3 \cdot 3 + 45N_4 \cdot 2,5}{T \cdot 3600}, \quad (2.7)$$

де N_1, N_2 – кількість робітників на добу з питомих водовідведенням відповідно 25 і 45 л/с на 1 чол.; N_3, N_4 – кількість робітників у максимальну зміну з питомих водовідведенням відповідно 25 і 45 л/с на 1 чол.; T – тривалість зміни, год.

За наведеними у СНиП формулами визначаються для промислових підприємств розрахункові витрати душових вод, виробничих стічних вод.

При розрахунку каналізаційних мереж зручно обчислювати витрати використовуючи поняття модуля стоку, л/(с.га), який визначається за формулою

$$q_0 = \frac{q_m \cdot P}{86400}, \quad (2.8)$$

де P – щільність населення на 1 га.

Розрахунковою ділянкою називають каналізаційну мережу між двома точками, де розрахункова витрата умовно приймається постійною.

Розрахункові витрати для розрахункових ділянок каналізаційної мережі визначаються як суми витрат супутніх, бокових, транзитних і зосереджених.

Супутні витрати, л/с, приймаються рівними добутку модуля стоку на площу кварталу, що прилягає до розглядаємої ділянки мережі:

$$q_{\text{суп.}} = q_0 \cdot F, \quad (2.9)$$

де q_0 – модуль стоку; F – площа кварталу, га.

Витрата стічних вод бокового колектора визначають добутком модулю стоку на суму площ, стічні води з яких надходять до цього колектора, тобто

$$q_{\text{бок.}} = q_0 \sum F_{\text{бок.}} \quad (2.10)$$

Транзитна витрата – це витрата, яка надходить від ділянки, що розташована вище колектора. На початковій ділянці транзитної витрати немає.

2.3.2. Визначення розрахункових витрат дощових вод

Дощі характеризуються інтенсивністю, довготривалістю та повторюваністю. Інтенсивність дощу i_d (мм./хв.) по шару опадів обчислюють за формулою

$$i_{\partial} = h/t, \quad (2.11)$$

де h – шар опадів, що випали, мм;

t - час випадіння дощу, хв.

Якщо необхідно виразити інтенсивність дощу за об'ємом (л/с з га) через інтенсивність за шаром, перерахунок виконують за формулою

$$q = \frac{i_{\partial} 10001000}{100060} = 166,7i_{\partial} \quad (2.12)$$

Кількість опадів, що випали в різних районах країни, вимірюють на метеорологічних станціях за допомогою дощомірів, частіше самописних. На підставі розшифрування записів самописців визначають розрахункову інтенсивність дощу за період не менше 10 років. Спостереженнями встановлено, що дощі малої інтенсивності повторюються частіше, а дощі великої інтенсивності (зливи) – рідше. Повторюваність дощу виражає період часу в роках, протягом якого дощі певної тривалості та інтенсивності випадають (повторюються) 1 раз. У розрахунках звичайно орієнтуються на дощі повторюваністю p_{∂} від 0,5 до 5 років.

Розрахункову інтенсивність дощу q , що випадає на одиницю площі, можна обчислити за формулою

$$q = \frac{A_y}{t^n} = \frac{20^n q_{20} (1 + \lg p_{\partial} / \lg m)^{\gamma}}{t^n}. \quad (2.13)$$

Тут q_{20} – інтенсивність дощу для даної місцевості тривалістю 20 хв. при

$p_{\partial}=1$ рік (q_{20} та n приймають по картах СНиП 2.04.03-85), л (с га);

t – тривалість дощу, хв.,

n, γ – показники ступеня, які враховують кліматичні особливості району;
приймають за СНиП 2.04.03-85;

m – кількість дощів за 1 рік;

p_0 - повторюваність розрахункового дощу (приймають за СНиП 2.04.03-85) звичайно 0,33 ... 0.5.

Із попередньої формули випливає, що інтенсивність дощу є змінною величиною, яка залежить від його тривалості. При розрахунку дощової каналізації за методом межових інтенсивностей враховують, що тривалість дощу повинна відповідати часу протікання води від найбільш віддаленої точки мережі до розрахункового перерізу. Таким чином кожна ділянка дощової мережі розраховується на дощ відповідної інтенсивності.

Розрахункову витрату дощових вод Q_0 знаходять за формулою

$$Q_0 = qF\psi\beta, \quad (2.14)$$

де q – розрахункова інтенсивність дощу, що визначається за формулою 2.3, л/с.;

ψ - коефіцієнт стоку (відношення кількості води, що стікає, до кількості води, яка випала в одиницю часу);

β - коефіцієнт, що враховує заповнення вільної ємності мережі:

$\beta = 0,6 \dots 1$; приймають за СНиП 2.04.03-85;

F – площа басейну стоку, га.

У свою чергу, коефіцієнт стоку є величиною змінною, що визначається за формулою

$$\psi = Zq^{0,2}t^{0,1}, \quad (2.15)$$

де Z – коефіцієнт, що залежить від водопроникливості поверхні

(приймають за СНиП 2.04.03-85);

q - інтенсивність дощу, л/(с/га);

t – розрахункова тривалість дощу, хв.

Розрахункова тривалість дощу включає:

1) час поверхневої концентрації дощу t_k , час, необхідний для добігання перших потоків води від найбільш віддаленої межі ділянки до вуличного лотка, приймають від 3 до 7 хв.;

2) час протікання води по вуличному лотку t_l до початку розрахункової ділянки (орієнтовно 2...3 хв.);

3) час протікання вод по дощовій мережі від поверхової точки до розрахункового перерізу t_c визначають, виходячи з довжини мережі і швидкості протікання води на розрахункових ділянках.

Сумарний час протікання води до розрахункового перерізу складає

$$t = t_{np} = t_k + t_l + t_c. \quad (2.16)$$

2.4. Принцип розрахунку каналізаційної мережі

Гідравлічний розрахунок виконують методом підбору діаметрів з урахуванням нормативного наповнення і швидкостей.

Побутову каналізаційну мережу розраховують на часткове наповнення труб. Це дозволяє:

- створити кращі умови для транспортування звішених забруднень;
- забезпечити вентиляцію мережі для видалення шкідливих газів;
- створити деякий резерв у перерізі труб для пропуску витрати, яка перевищує розрахункову.

Ступінь наповнення труб характеризується співвідношенням h/d . При цьому наповнення повинно бути не більше нормативного і не менше 0,5.

Для гідравлічного розрахунку мережі використовують формули встановленого рівномірного руху:

$$\text{(постійної витрати)} \quad q = w \cdot v, \quad (2.17)$$

(формула Дарсі)
$$i = \frac{\lambda}{4R} \cdot \frac{v^2}{2g}, \quad (2.18)$$

де q – витрата стічних вод; w – площа живого перерізу; v – середня швидкість руху; $i=h/L$ – гідравлічний нахил; λ – коефіцієнт гідравлічного тертя; $R=w/x$ – гідравлічний радіус (тут x – змочений периметр); g – прискорення вільного падіння.

Практичні розрахунки виконують за таблицями або номограмами.

2.5. Режим руху стічної рідини

Швидкості руху стічної рідини і нахили трубопроводів

Стічні води забруднені різними речовинами. Нерозчинна їх частина може мати як органічне, так й неорганічне походження. Речовини органічного походження, які мають малу питому вагу, добре транспортуються по каналізаційних мережах, а речовини неорганічного походження (пісок і т. ін.) транспортуються лише при значних швидкостях. У зв'язку з цим розрахункові швидкості у каналізаційній мережі повинні призначатись із умови транспортування піску та інших речовин неорганічного походження, які вміщує стічна рідина.

Швидкість, яка відповідає повному звіщенню джерел забруднень, називається самоочисною (критичною). Мінімальні розрахункові швидкості призначають не менше самоочисних швидкостей. Для побутової каналізації самоочисні швидкості дорівнюють:

Діаметр труби, мм	150-250	300-400	450-500	600-800	900-1200
Самоочисна швидкість, м/с	0,7	0,8	0,9	1,0	1,15

Пісок, який вміщує стічна рідина, транспортується потоком, в основному, у днища труби, що викликає стирання і руйнування її поверхні. За цією

причиною швидкість руху стічної рідини обмежується. В металевих трубопроводах не рекомендується допускати швидкість більше 8 м/с, а в неметалевих трубопроводах – більше 4 м/с.

Мінімальний нахил труб побутової каналізації визначається за формулою

$$i=1/d, \quad (2.19)$$

де d – внутрішній діаметр труб, мм.

Глибина закладення трубопроводів каналізаційної мережі

Від глибини закладення трубопроводів суттєво залежить вартість й строки будівництва каналізаційної мережі. У зв'язку з цим її призначають мінімальною з урахуванням наступних вимог:

- запобігання замерзання стічної рідини у трубах;
- захист труб від механічних пошкоджень;
- можливість приєднання до вуличної мережі усередині квартальних мереж.

Так як температура стічних вод не опускається нижче 7 °С, каналізаційні мережі можна прокладати на глибині, яка менше глибини промерзання ґрунту. Найменшу глибину закладання від поверхні землі до труб можна визначити за формулою

$$h=h_{\text{пром.}}-l, \quad (2.20)$$

де $h_{\text{пром.}}$ – глибина промерзання ґрунту; l – величина, яка дорівнює 0,3 для труб діаметром до 500 мм і 0,5 для труб більшого діаметру.

Глибина закладання повинна виключати можливість руйнування труб тимчасовими динамічними навантаженнями від транспорту. Статичні розрахунки показали, що для керамічних труб, які широко застосовуються в каналізації, дія тимчасових навантажень від транспорту небезпечна при глибині закладання від поверхні землі до верху труб менше 0,7 м. При необхідності

укладки трубопроводів на меншій глибині слід застосовувати труби з більш міцного матеріалу, наприклад, залізобетону.

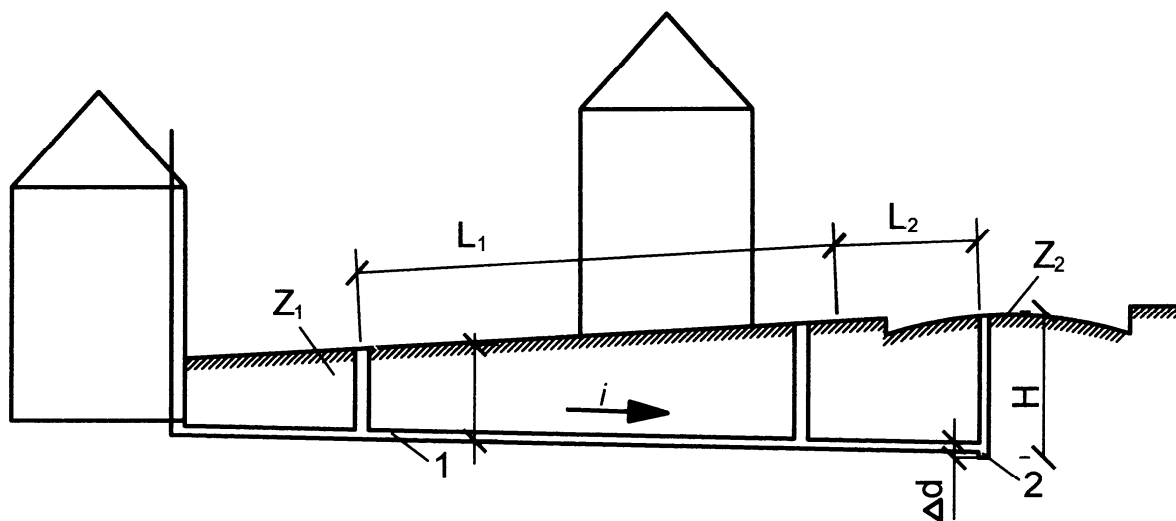


Рис. 2.9 - Схема визначення початкової глибини закладання вуличної мережі
1 – внутрішньоквартальна мережа; 2 – вулична мережа

Глибину закладення трубопроводів визначають розрахунком одночасно з побудовою профілю каналізаційної мережі. Початкову глибину закладання трубопроводів вуличної мережі знаходять з урахуванням приєднання внутрішньоквартальної мережі і внутрішніх каналізаційних улаштувань будівель за формулою

$$H=h+i(z+l)-(z_1-z_2)+\Delta d, \quad (2.21)$$

де h – найменша глибина закладання трубопроводів від поверхні землі до лотка у найбільш віддаленому колодязі внутрішньоквартальної мережі; i – нахил трубопроводів внутрішньоквартальної мережі; $z+l$ – довжина внутрішньоквартальної каналізаційної мережі від найбільш віддаленого колодязю до місця приєднання її до вуличної мережі; z_1, z_2 – відмітки поверхні землі у найбільш віддаленого колодязю внутрішньоквартальної мережі та у місця приєднання цієї мережі до вуличної; Δd – різниця у діаметрах трубопроводів вуличної і внутрішньоквартальної мережі у місця їх з'єднання.

Найбільша глибина закладання трубопроводів каналізаційної мережі залежить від способу виробництва робіт і ґрунтових умов. При відкритих способах виробництва робіт глибина закладання труб в сухих ґрунтах не повинна перевищувати 7-8 м, а у вогких – 5-6 м.

Розташування трубопроводів каналізаційної мережі у поперечному перерізі проїздів повинно бути ув'язане з розташуванням інших підземних комунікацій.

2.6. Улаштування каналізаційної мережі

Труби і колектори

Матеріали для каналізаційної мережі повинні бути міцними, не пропускати воду, сталими проти стирання й корозії, гладкими. Цим вимогам у найбільшій мірі задовольняють керамічні, бетонні, залізобетонні і азбоцементні труби, а також цегла і залізобетон, з яких виконують колектори. Для влаштування мереж застосовують також вініпластові труби.

Керамічні труби виготовляють розтрубними. Внутрішню і зовнішню поверхні труб покривають глазур'ю, що надає їм міцності, гладкості. Для відводу кислих середовищ застосовують керамічні труби, які виготовляють з кислототривких глин з домішками кислототривких шамотів.

Бетонні й залізобетонні труби застосовують для улаштування самотічних колекторів. Бетонні й залізобетонні труби виготовляють розтрубними і фальцевими із марки бетону не нижче 300 вібраційним або відцентровим способом.

Азбоцементні безнапірні труби також застосовують для улаштування самотічних колекторів. З'єднання азбоцементних труб виконується за допомогою муфт.

Заробляння розтрубних і муфтових з'єднань самотічних ліній складається з ущільнення, яке є смоляною прядкою і асфальтовим, азбоцементним або цементним замком. Асфальтовий замок виконують із

мастики, яка складається з 3 частин асфальту і 1 частини бітуму за масою. Масу заливають у розчиненому стані в кільцевий зазор між розтрубом і гладким кінцем труби. Азбоцементний замок виконують із суміші 30 % азбестового волокна і 70 % цементу марки не нижче 300 за масою. Також для ущільнення стиків застосовують гумові кільця й кільця з полівінілхлоридної смоли.

Колектори можуть бути виконані із цегли, керамічних блоків та збірного залізобетону. Конструкція збірних залізобетонних колекторів залежить від розміру і способу виробництва робіт.

Колодязі на каналізаційній мережі

Для огляду і прочистки каналізаційної мережі споруджують оглядові колодязі. Оглядові колодязі поділяють на лінійні, які влаштовують на прямолінійних ділянках мережі через кожні 40-150 м по її довжині (чим більший діаметр труб, тим більша відстань між колодязями); зворотні, які влаштовують у місцях зміни нахилу лінії та її напрямку в плані; вузлові, які влаштовують у місцях з'єднання ліній, і контрольні, які влаштовують у місцях приєднання внутрішньо квартальних мереж до вуличних у межах забудови кварталу. На рис. 2.10 поданий вузловий каналізаційний колодязь.

Для з'єднання трубопроводів, укладених на різній глибині, на мережі споруджують перепадні колодязі. При діаметрі труб до 500 мм і висоті перепаду до 6 м перепадні колодязі виконують з стояком із чавунних, азбоцементних або залізобетонних труб. При діаметрі труб більше 500 мм перепадні колодязі виконують з водозливом практичного профілю і колодязем у основи. При наявності ґрунтових вод зовнішня поверхня колодязів на 0,5 м вища їх рівня покривається гідроізоляцією.

Гідравлічний розрахунок дощової мережі виконується за тими ж формулами, що й розрахунок побутової мережі.

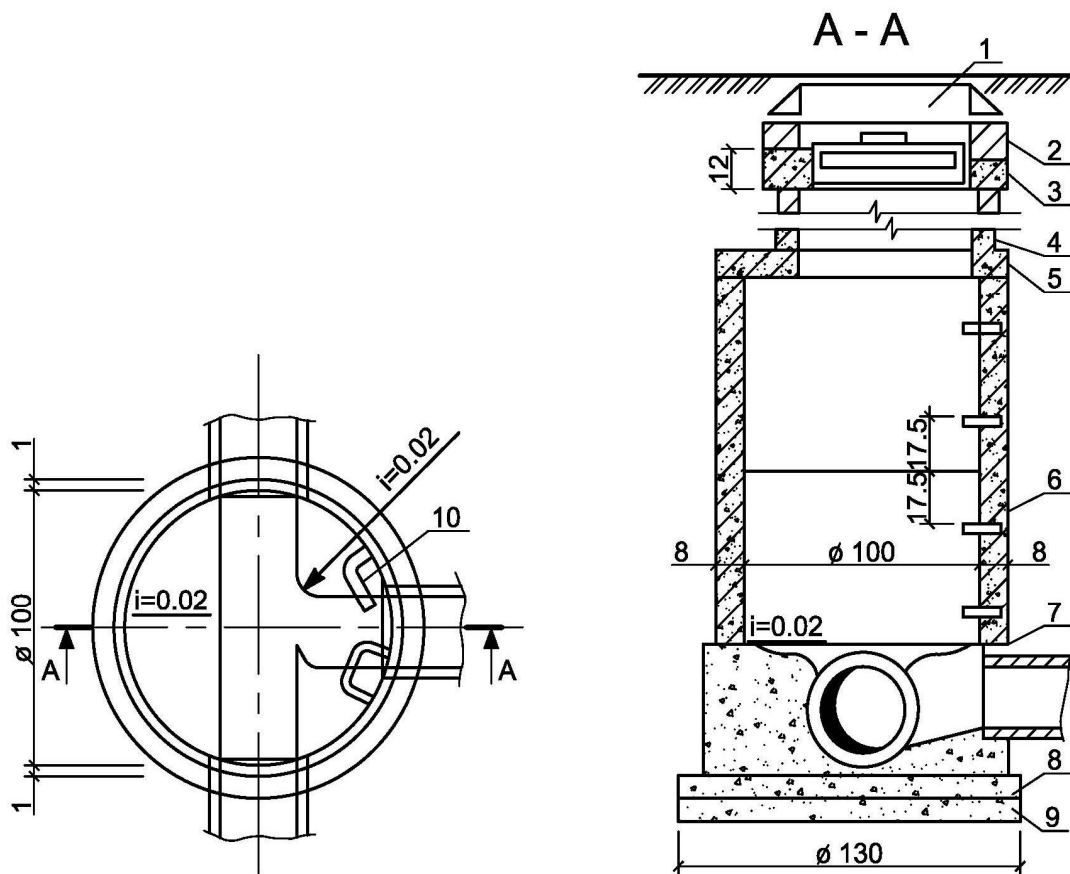


Рис. 2.10 - Типовий круглий колодязь

1 – круглий люк з кришкою; 2 – регулювальні камені; 3 – опорне кільце; 4 – кільце діаметром 700 мм і висотою 300-600 мм; 5 – плита; 6 – кільце діаметром 1000 мм; 7 – регулювальні камені; 8 – плита; 9 – щербінкова підготовка; 10 – скоби

Дощова каналізаційна мережа

Вигляд водостічної мережі в плані визначається рельєфом місцевості, схемою планування і насиченості території підземними спорудами. Принципи трасування водостічної мережі аналогічні принципам трасування побутової мережі.

З метою зменшення перерізу і довжини каналів водостічну мережу трасують вздовж міських проїздів по меншим відстаням до водоймищ.

Дощові води надходять до закритої водостічної мережі через дощоприймальники, які представляють собою колодязі, перекриті приймальною решіткою (рис. 2.11).

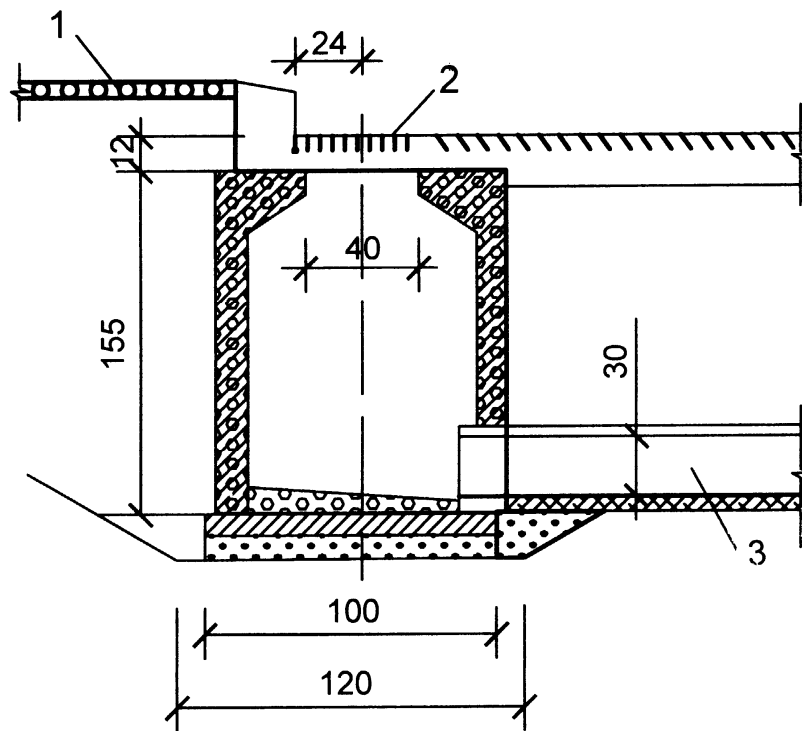


Рис. 2.11 - Залізобетонний дощоприймальник
1 – тротуар; 2 – решітка; 3 – з'єднальна гілка

Дощоприймальники розташовують у бортових каменів проїздів на відстані 50-80 м один від іншого.

Перекачка стічних вод

У тих випадках, коли не вдається здійснити відвід стічних вод до очисних споруд самотіком, для їх перекачки застосовують насоси. При цьому, виходячи з особливостей стічної рідини, до насосів виставляють наступні вимоги:

- насоси не повинні забруднюватись;
- конструкція їх повинна забезпечувати можливість прочистки робочого колеса, корпусу, патрубків.

З урахуванням цих вимог насоси, які застосовуються для перекачки стічних вод, мають ряд конструктивних особливостей:

- насоси виконуються лише одноколесними й без спрямовуючих апаратів;
- робочі колеса мають лише 2-4 лопаті;
- на корпусі насосу і на вихідному патрубку влаштовуються люки-ревізії.

Насоси для перекачки стічних вод розташовують в каналізаційних насосних станціях, які складаються з машинного відділення, у якому розташовують насоси, і приймального резервуару. На вибір типу насосної

станції впливають глибина закладання трубопроводу підводки, продуктивність станції, прийнятий тип насосів, умови будівництва. Частіше будуються насосні станції шахтного типу.

Кругла в плані форма обумовлюється опускним способом будівництва.

Приймальний резервуар обладнується решітками і дробилками. Після подрібнення покидьки звичайно скидаються до потоку стічної рідини перед решітками. Для приймального резервуару надається нахил 0,05...0,1 до приймальника під трубою всмоктування насосу. Необхідний об'єм приймального резервуару визначається за графіком притоку і відкачки стічних вод.

Насоси підбирають за напором і максимальною подачею насосної станції. Потрібний напір визначається за формулою

$$H_{\text{потр.}} = H_{\text{г}} + h_{\text{втр.}}, \quad (2.22)$$

де $H_{\text{г}}$ – геометрична висота подачі води; $h_{\text{втр.}}$ – втрати напору у напірному трубопроводі і трубопроводі всмоктування.

Напірні трубопроводи виконують, як правило, у дві лінії із залізобетонних або азбоцементних труб.

2.7. Трасування каналізаційних мереж

На рис. 2.12 приведена принципова схема побутової каналізаційної мережі.

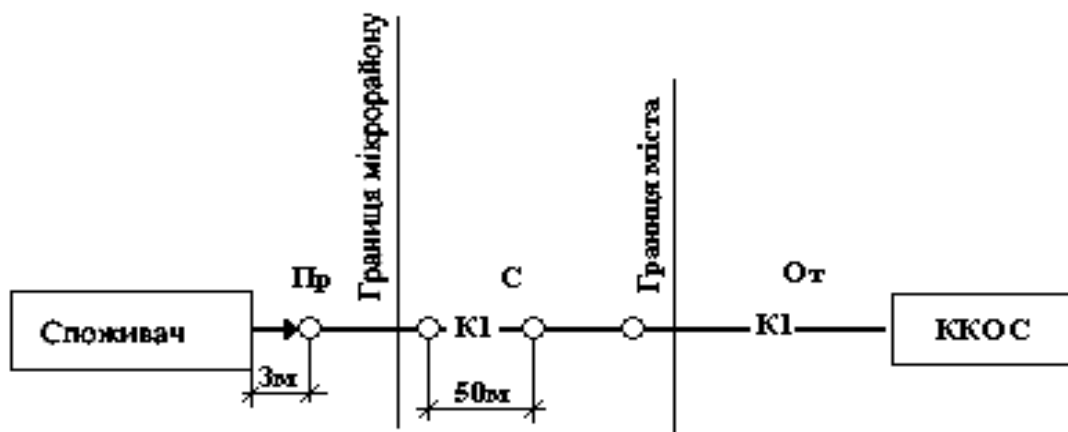


Рис. 2.12 – Принципова схема побутової каналізаційної мережі

При проектуванні побутової і зливової каналізаційної мережі застосовують роздільний метод прокладки. Збираючі мережі, трасуються по вулицях у технічній смузі П2 (П3) або по території мікрорайону відповідно до ухилу місцевості. Видалення зливових вод може відбуватися відкритим способом за допомогою влаштування лотків уздовж проїзної частини вулиць або спорудження підземної мережі ливнестоків, в яку надходять поверхневі води через злилові ґрати, розташовані в бордюрі, з наступним скиданням у найближчі водойми (рис. 2.13). Видалення фекальних стічних вод при роздільній мережі і разом з поверхневими водами при загальносплавній мережі виконується за допомогою колектора глибокого закладання (рис. 2.14, 2.15) або із застосуванням перекачувальних насосних станцій (рис. 2.16).

Приймальні каналізаційні мережі К1 улаштовують з керамічних труб $d=150-200\text{мм}$. Кожна секція житлового будинку має один бічний випуск з чавунних труб $d=100\text{мм}$, що закінчується каналізаційним колодязем на відстані мінімум 3м від будинку, як правило, з боку двірського фасаду. Колодязь зі збірних залізобетонних кілець діаметром 1м не повинен розташовуватися на вході в під'їзд секції (рис. 2.17).

Залежно від рельєфу місцевості всі колодязі з'єднуються між собою з відводом стічних вод у збиральні мережі.

З'єднання приймальних мереж по ходу води повинне відбуватися під прямим або тупим кутом. На всіх поворотах мережі і на їхніх перетинаннях встановлюють оглядові колодязі. З'єднання збиральних мереж, розташованих на вулиці, із приймальними також повинно бути під прямим кутом. Після приєднання приймальних мереж до збиральних, К1 а також через кожні 50 м (не більше) встановлюють оглядові колодязі, те ж на мережах К2.

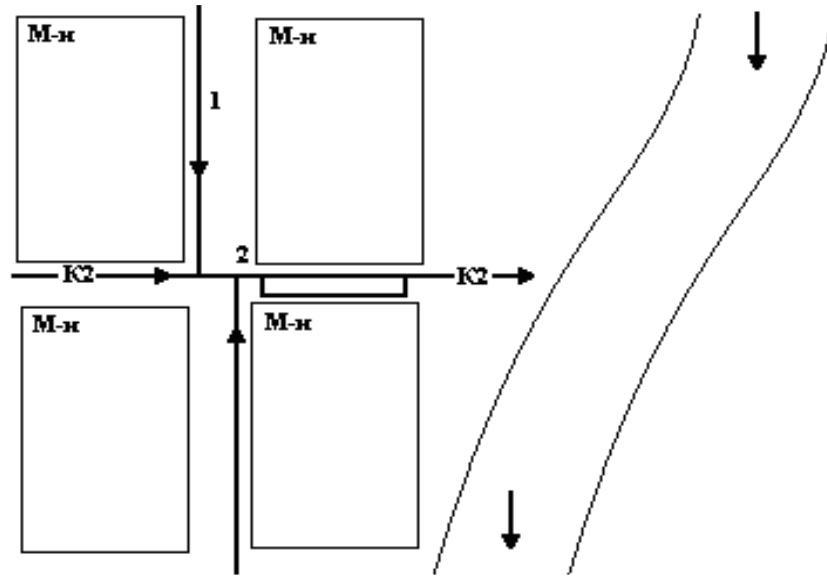


Рис. 2.13 – Схема поверхневого видалення зливових вод у водойми:
1 - система лотків; 2 - зливовий каналізаційний колектор

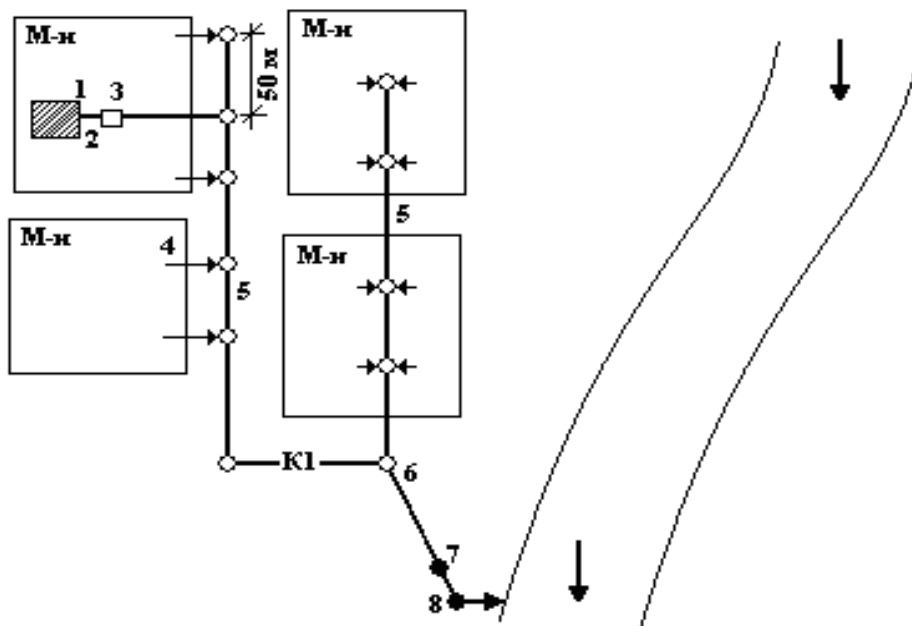


Рис. 2.14 – Схема видалення стічних вод міста на очисні споруди колектором
глибокого закладання:

1 - громадський будинок; 2 - каналізаційний випуск; 3 - каналізаційний колодязь; 4 - приймальна каналізаційна мережа; 5 - збиральна каналізаційна мережа; 6 - каналізаційна відвідна мережа - колектор глибокого закладання; 7 - головна насосна станція; 8 - очисні споруди

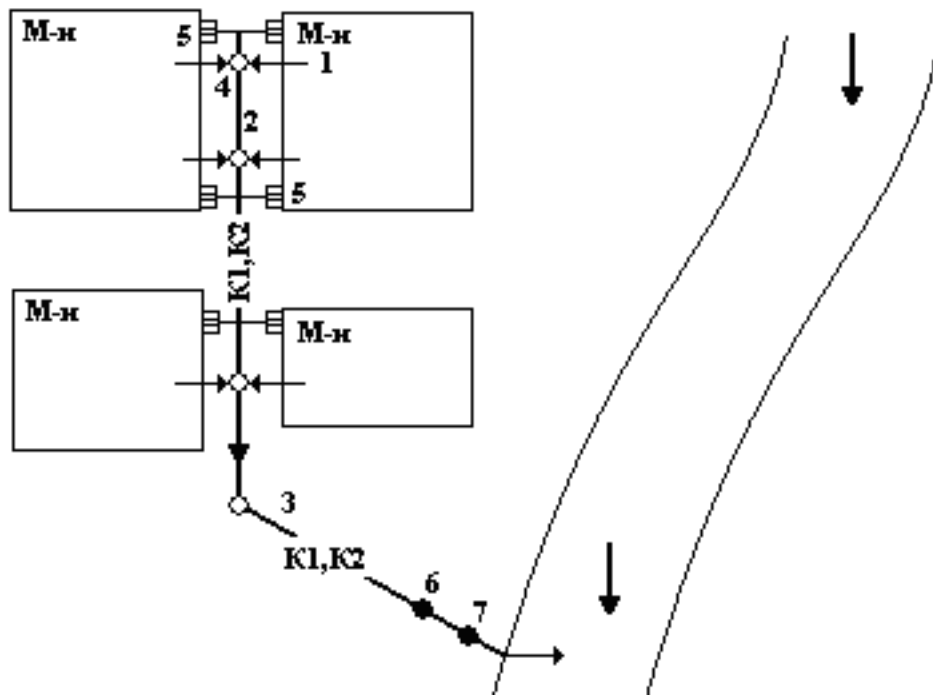


Рис. 2.15 - Схема видалення зливових вод спільно зі стічними фекальними водами колектором глибокого закладання:

1 - приймальна каналізаційна мережа; 2 - збиральна каналізаційна мережа; 3 - каналізаційна відвідна мережа; 4 - каналізаційний колодязь; 5 - зливіві ґрати; 6 - головна насосна станція; 7 - очисні споруди; К1, К2 – загальносплавна каналізаційна мережа

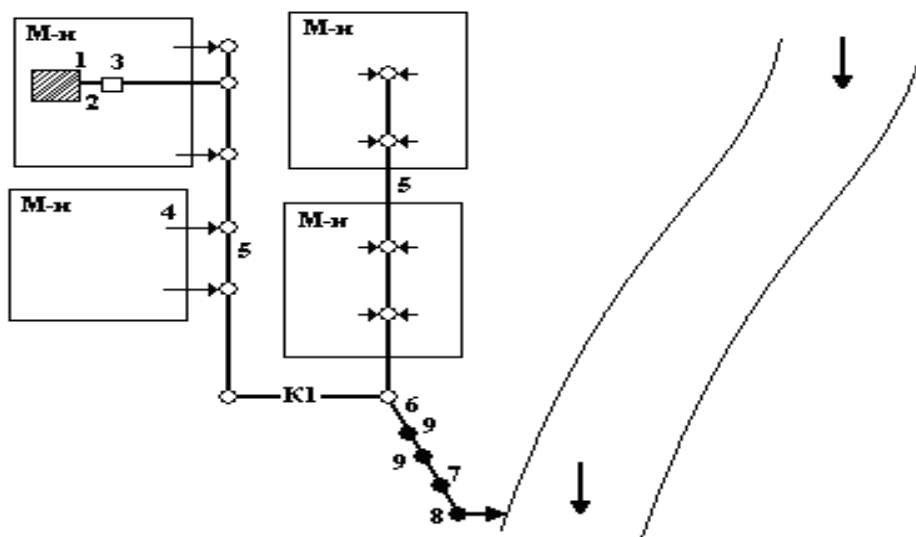


Рис. 2.16 – Схема видалення побутових стічних вод на очисні споруди із застосуванням насосних станцій:

1 - громадський будинок; 2 - каналізаційний випуск; 3 - каналізаційний колодязь; 4 - приймальна каналізаційна мережа; 5 - збиральна каналізаційна мережа; 6 - каналізаційна відвідна мережа; 7 - головна насосна станція; 8 - очисні споруди; 9 - перекачувальна насосна станція

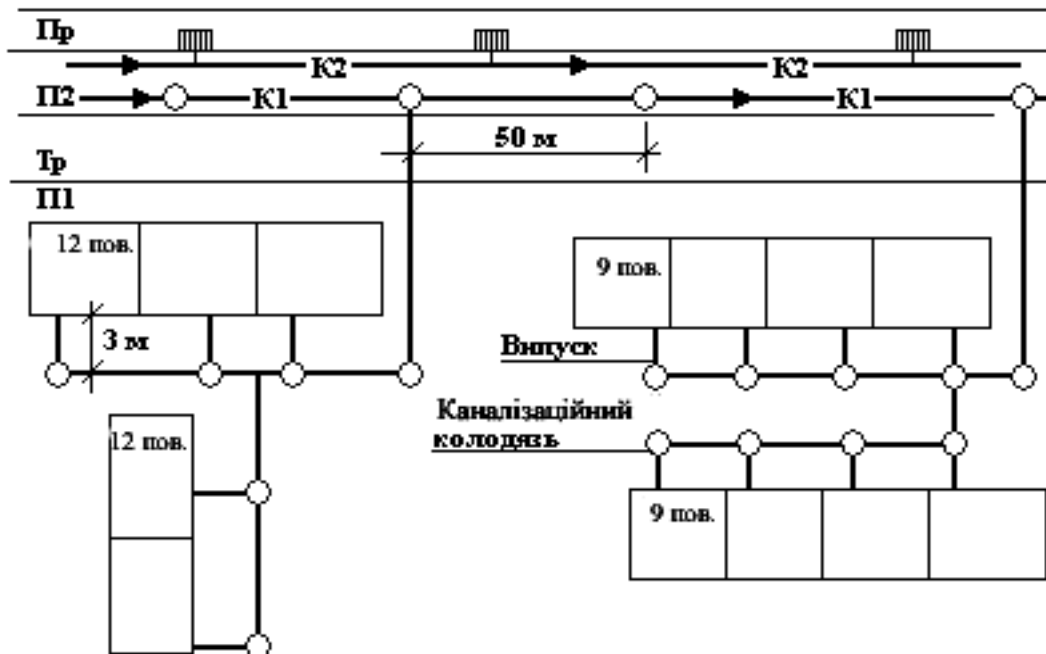


Рис. 2.17 – Схема приймальної побутової каналізаційної мережі

Перетин трубопроводами каналізаційних мереж з перешкодами

Спосіб перетину каналізаційних трубопроводів з перешкодами (річками, підземними спорудами тощо) залежить від взаємного розташування мережі та перешкоди по вертикалі (різниця їх відміток). При невеликій різниці у відмітках перетини доцільно влаштовувати у вигляді дюкера. Дюкер складається, як правило, не менш ніж з двох ліній трубопроводів, які прокладаються під перешкодою і працюють повним перерізом, та верхньої і нижньої камер. Рідина рухається по трубопроводах під тиском напору, який встановлюється внаслідок різниці відміток рівнів води у верхній і нижній камерах.

При розташуванні каналізаційної мережі значно вище перешкоди перетин виконують у вигляді самотічного трубопроводу, який укладається по естакадомосту.

При розташуванні каналізаційної мережі значно нижче перешкоди перетин доцільно виконувати у вигляді самотічного трубопроводу, який укладається під перешкодою. Залежно від призначення дороги, інтенсивності

руху і характеру транспорту перехід може бути виконаний з посилених труб, у футлярі із сталевих труб (кожусі) або у тунелі.

Приклади розрахунків

Приклад 2.1. Визначити витрати стічних вод від населення і виробничих стічних вод. Вихідні дані – див. приклад 1.1.

Якщо по трубопроводу транспортується тільки сток від населення міста, то розрахункова витрата визначається за формулою

$$Q_{\text{макс.сек.}} = q_{\text{сер.сек.}} \cdot K_{\text{заг.}}$$

де $q_{\text{сер.сек.}}$ – секундна витрата води, л/с; $K_{\text{заг.}}$ – загальний коефіцієнт нерівномірності притоку стічних вод, приймають за табл. у розділі 2.3.1., залежно від середньосекундної витрати. У нашому прикладі $K_{\text{заг.}}=1,66$.

Якщо по трубопроводу транспортуються стічні води від населення міста і промислових підприємств, то розрахункова витрата визначається за формулою

$$Q = Q_{\text{макс.сек.}} + Q_{\text{п.п}}$$

де $Q_{\text{п.п}}$ – витрата від промислових підприємств, л/с.

Витрата стічних вод від населення

Середньодобова витрата, м³/доб., визначається за формулою

$$Q_{\text{сер.доб.}} = \frac{q_{\delta} \cdot N}{1000} = (200 \cdot 74400) / 1000 = 14880.$$

Середня секундна витрата, л/с, визначається за формулою

$$q_{\text{сер.сек.}} = \frac{q_{\delta} \cdot N}{24 \cdot 3600} = (200 \cdot 74400) / (24 \cdot 3600) = 172,22.$$

Питоме водовідведення дорівнює питомому водоспоживанню, залежить від благоустрою житла, кліматичних умов.

Каналізаційну мережу розраховують на пропуск максимальної секундної витрати:

$$Q_{\text{макс.сек.}} = q_{\text{сер.сек.}} \cdot K_{\text{заг.}} = 172,22 \cdot 1,66 = 285,8,$$

де $K_{\text{заг.}}$ – загальний коефіцієнт нерівномірності притоку стічних вод, приймають за табл. у розділі 2.3.1., залежно від середньосекундної витрати. У нашому прикладі $K_{\text{заг.}}=1,66$.

Витрата стічних вод від промислових підприємств:

Середня добова витрата, м³/доб.,

$$Q_{\text{сер.доб.}} = \frac{25N_1 + 45N_2}{1000} = ((25 \cdot 384) + (45 \cdot 576)) / 1000 = 35,52.$$

Максимальна секундна витрата, л/с,

$$q_{\text{макс.сек.}} = \frac{25N_3 \cdot 3 + 45N_4 \cdot 2,5}{T \cdot 3600} = ((25 \cdot 336 \cdot 0,4 \cdot 3) + (45 \cdot 336 \cdot 0,6 \cdot 2,5)) / (8 \cdot 3600) = 1,14,$$

де N_1, N_2 – кількість робітників на добу з питомим водовідведенням відповідно 25 і 45 л/с на 1 чел.; N_3, N_4 – кількість робітників у максимальну зміну з питомим водовідведенням відповідно 25 і 45 л/с на 1 чел., приймають за СНіП; T – тривалість зміни, год., приймають 8 год.

Розрахункова витрата душових вод:

Максимальна витрата за зміну, м³/зм, (за СНіП 2.04.03-85):

$$q_{\text{макс.зм.}} = (500 \cdot S \cdot 45) / (60 \cdot 1000) = (500 \cdot 90 \cdot 45) / (60 \cdot 1000) = 33,75.$$

Розрахункова витрата, л/с, (за СНіП):

$$q_{\text{макс.сек.}} = (500 \cdot S \cdot 45) / 3600 = (500 \cdot 32 \cdot 45) / 3600 = 4,44,$$

де 500 л/год – годинна витрата на 1 душову сітку;

45 хв. – тривалість користування душем після зміни;

S – кількість душових сіток, залежить від кількості працівників у зміну й кількості людей, що обслуговуються однією сіткою:

$$S = (N_1/n_x + N_2/n_r) = 32,$$

де N_1, N_2 – кількість робітників у зміну, які користуються душем, у холодних і гарячих цехах відповідно;

n_x, n_r – кількість людей на 1 сітку в холодних і гарячих цехах відповідно (приймається за СНіП).

При розрахунку каналізаційних мереж зручно обчислювати витрати, використовуючи поняття модуля стоку, л/(с.га), що визначається за формулою

$$q_0 = \frac{q_m \cdot P}{86400} = (200 \cdot 295) / 86400 = 0,683,$$

де P – щільність населення на 1 га.

Контрольні запитання

1. Призначення і влаштування каналізаційної мережі міста.
2. Основні елементи каналізаційної мережі міста.
3. Класифікація систем каналізації.
4. Основні схеми каналізаційних мереж міста.
5. Основні схеми трасування каналізаційних мереж міста.
6. Види й склад забруднень стічних вод.
7. Які умови спуску стічних вод до водоймищ?
8. Методи очистки стічних вод.
9. Призначення і способи механічної очистки стічних вод.
10. Призначення і способи біологічної очистки стічних вод.
11. Поняття БПК і ХПК.
12. Яке обладнання застосовують для механічної очистки стічних вод?
13. Які споруди застосовують для обробки осаду?
14. Улаштування і призначення радіального відстійнику.
15. Улаштування і призначення септика.
16. Улаштування і призначення метантенка.
17. Яке обладнання застосовують для механічного знезвозування осаду?
18. Призначення і конструкції біофільтрів.
19. Призначення і улаштування аеротенку.
20. Як здійснюється знезаражування стічних вод?
21. Як здійснюється випуск стічних вод до водоймищ?
22. Як визначають розрахункові витрати стічних вод?
23. Як визначаються норми водовідведення?
24. Принцип розрахунку каналізаційної мережі міста.
25. Задача гідравлічного розрахунку каналізаційної мережі.
26. Як призначаються розрахункові швидкості у каналізаційній мережі?
27. Як визначається мінімальний нахил трубопроводів?
28. Що таке швидкість самоочищення?
29. Як розраховується глибина закладання каналізаційних мереж?

30. Труби, які застосовуються для влаштування каналізаційних мереж, їх з'єднання.
31. Улаштування і призначення колодязів на каналізаційній мережі.
32. Як виконується перетин трубопроводів каналізаційної мережі з перешкодами?
33. Улаштування зовнішньої дощової каналізації.
34. Принцип розрахунку кількості дощових стоків.
35. Як здійснюється перекачка стічних вод?

3. ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

3.1. Призначення, класифікація, улаштування і робота систем теплопостачання

Загальна характеристика систем теплопостачання

Подача теплової енергії у приміщення для забезпечення в них комфортних параметрів внутрішнього повітря, приготування гарячої води для санітарно-гігієнічних потреб і для виконання технологічних процесів на промислових підприємствах потребує організації та функціонування спеціальних систем теплопостачання, які бувають місцевими, якщо вироблення теплоти відбувається в місці його споживання, або централізованими, якщо вироблення теплоти здійснюється спеціальними підприємствами. Такі підприємства називають джерелами теплопостачання.

В існуючому господарському механізмі України теплопостачання будівель здійснюється в основному від централізованих систем. Цьому сприяло краще використання палива, більші можливості впровадження заходів з боротьби з забрудненням атмосфери продуктами спалювання палива, зменшення питомих витрат на експлуатацію. Централізовані системи теплопостачання складаються з трьох основних елементів: джерело теплоти, теплові мережі, системи використання теплоти у споживачів. Джерела теплопостачання призначені для перетворення в теплоту енергію, що міститься в органічному чи ядерному паливі і нагрівання теплоносія (вода, водяна пара), який транспортує теплоту до споживачів.

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

Систему трубопроводів і спеціального обладнання, призначених для організації руху теплоносія від джерела до споживача і повернення охолодженого теплоносія до джерела теплопостачання, називають тепловими мережами.

Системи використання теплоти у споживачів призначені для прийому теплоносія з теплових мереж для його розподілу, підтримання потрібних параметрів у абонентів, для обліку споживання теплоти.

Теплоелектроцентралям віддають перевагу при теплопостачанні великих міст (кількість населення більше 250 тис.). Однак структура теплопостачання таких міст, як правило, містить в собі й котельні різної потужності.

Теплопостачання великих міст характеризується складною структурою з наявністю декількох різнотипних джерел теплоти, що відпускають енергію в загальні теплові мережі. Часто до структури теплопостачання міст входять котельні промислових підприємств, які поряд із забезпеченням технологічних циклів підприємств відпускають теплоту житловим будинкам.

Величина району обслуговування джерелом теплоти, а отже ступінь централізації теплопостачання визначається з урахуванням багатьох, часто полярних факторів. Так, з одного боку, збільшення району обслуговування, а отже і продуктивність джерела теплоти веде до зниження питомих капітальних витрат на спорудження джерела. З другого боку, це веде до збільшення капіталовкладень в теплові мережі. Крім того, при виборі кількості джерел теплоти і місць їх розміщення слід враховувати санітарно-гігієнічні й архітектурні вимоги. При цьому важливим фактором стає вид палива. Чим менше обсяги вироблення теплоти джерелом теплопостачання і чим ближче знаходиться житлова зона, тим більш високі вимоги до якості палива. З урахуванням цих факторів для домових, групових і мікрорайонних котелень використання газу має перевагу. Використання вугілля в таких випадках, крім проблем з наявністю в продуктах спалювання палива шкідливих речовин, створює проблему з доставкою і зберіганням палива, а також з видаленням шлаків.

Вибір теплоносія для систем тепlopостачання визначається потрібним рівнем температур в системах теплоспоживання споживачів. Гаряча вода як теплоносій використовується при температурі не більше 200 °С. Таке обмеження рівня температур пов'язане з тим, що значення температури кипіння і тиску взаємопов'язані і підвищення температури води повинне супроводжуватись підвищенням тиску, що веде до збільшення товщини трубопроводів, а отже, і капіталовкладень до теплових мереж.

Насичену водяну пару використовують, як правило, в діапазоні значень тиску 0,1-4 МПа і відповідно температур 100-250 °С. Більш високий температурний рівень може бути забезпечений при використанні перегрітої пари. Але водяна пара з високою температурою перегріву за своїми властивостями наближається до газів і, отже, через малі значення питомої теплоємкості стає мало придатною для транспортування теплоти на значні відстані. Як правило, до теплових мереж подають слабо перегріту пару. Ступінь перегріву вибирають таким, щоб при зниженні температури пари через втрати теплоти при транспортуванні споживач отримував би пару або з незначним перегрівом, або насиченою з незначною вологістю.

Парові системи розповсюджені в основному на промислових підприємствах, а водяні системи застосовують для тепlopостачання житлово-комунального господарства. Основні переваги водяних теплових систем у порівнянні з паровими такі: немає потреби у встановленні громіздких і капіталоемких систем для збирання і транспортування конденсату у споживачів, можливість застосування якісного регулювання відпуску теплоти в широкому діапазоні зміни значень температури теплоносія; менші енергетичні втрати при транспортуванні; більша можлива відстань від джерела до споживача теплоти (20-30 км). Основні переваги парових систем у порівнянні з водяними: універсальність пари (можливість забезпечення як технологічних потреб промислових підприємств, так і опалювального навантаження в житлово-комунальному господарстві); можливість роботи систем використання теплоти як на парі, так і на воді, яка нагрівається в пароводяних теплообмінних

апаратах; в безперервно працюючих паропроводах завдяки підтриманню високих температур і малої вологості в теплоізоляційних конструкціях менш інтенсивно протікає зовнішня корозія трубопроводів.

Однак найбільш широке застосування у тепlopостачанні населених пунктів знайшли централізовані 4-х трубні водяні системи тепlopостачання і гарячого водопостачання. Принципова схема такої системи наведена на рис. 3.1.

Нагрітий за рахунок згоряння палива (характеристика органічного палива наведена в [23]) в районній котельні або ТЕЦ теплоносій з параметрами 130-150°C по магістральному подавальному теплопроводу Т1 надходить до центрального теплового пункту (ЦТП). При значній відстані джерела до споживачів з метою компенсації гідравлічних втрат при транспортуванні теплоносія влаштовуються насосні станції. У них за допомогою насосів підвищується тиск теплоносія до необхідного. Теплоносій (Т1) подається в індивідуальний тепловий пункт (ІТП) будинку, де його температура знижується до 105-95 °С за рахунок підмішування до теплоносія, який виходить з системи опалення з температурою 70 °С, і далі в систему опалення. Віддавши теплоту в опалювальних приладах, охолоджений теплоносій по теплопроводу Т2 через ІТП повертається до ЦТП і далі через насосну станцію потрапляє до джерела тепlopостачання, де знову нагрівається до потрібної температури.

Більш детально про підключення систем опалення і гарячого водопостачання до теплових мереж див. далі.

3.2. Розрахунок теплових навантажень системи тепlopостачання населених пунктів

Розрахунок витрат теплоти на потреби тепlopостачання населеного пункту здійснюють за укрупненими показниками залежно від чисельності населення і житлової площі .

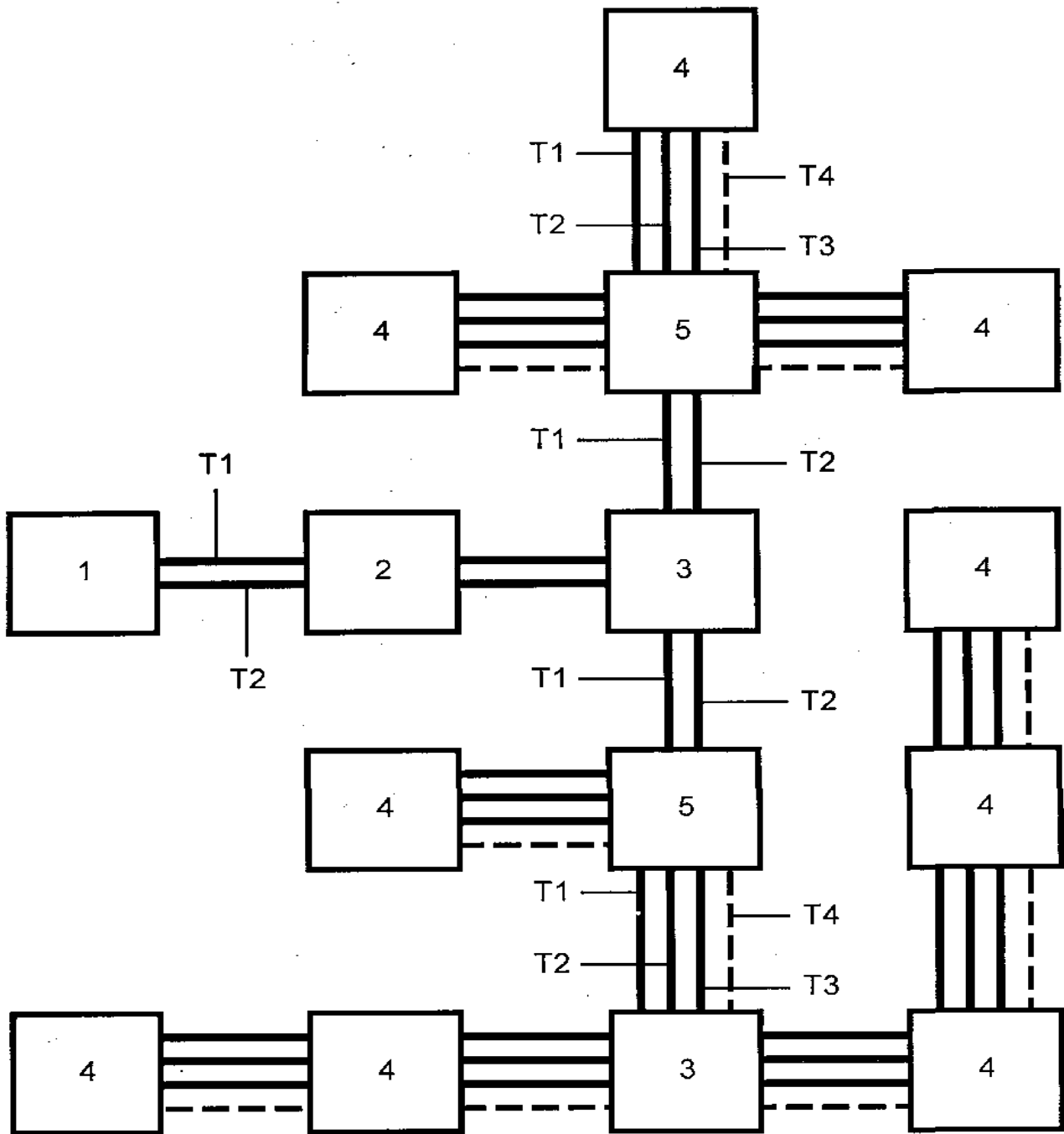


Рис. 3.1 – Принципова схема 4-х трубної водяної системи тепlopостачання і гарячого водопостачання:

1 – джерело тепlopостачання; 2 – насосна станція; 3 – теплова камера; 4 – будівлі (споживачі теплової енергії: система опалення, система гарячого водопостачання, система вентиляції та кондиціонування повітря, промислові); 5 – центральний тепловий пункт; T1 – подавальний трубопровід теплоносія; T2 – зворотний трубопровід теплоносія; T3 – подавальний трубопровід гарячої води; T4 – зворотний трубопровід гарячої води

Максимальні витрати теплової енергії на опалення житлових та громадських будинків

$$Q_o = Q_o^{жс} + Q_o^{зр} = Q_o^{жс} \cdot \left(1 + \frac{Q_o^{зр}}{Q_o^{жс}}\right) = Q_o^{жс} \cdot (1 + K_1), \text{ Вт}, \quad (3.1)$$

де $Q_o^{жс}$ - витрати теплоти на опалення житлових будинків ;

$Q_o^{зр}$ - те саме громадських будинків ;

$K_1 = \frac{Q_o^{зр}}{Q_o^{жс}}$ - коефіцієнт , що враховує витрати теплоти на опалення громадських будинків ($K_1 = 0.25$)

$$Q_o^{жс} = q_o \cdot A, \text{ Вт}, \quad (3.2)$$

де q_o - укрупнений показник максимальної витрати теплоти на опалення будинків (обирають залежно від розрахункової температури зовнішнього повітря, табл. 3.1), Вт/м².

A - житлова площа будинків мікрорайону , що визначається залежно від площі забудови мікрорайону F , та щільності житлового фонду a за формулою

$$A = F a, \text{ м}^2. \quad (3.3)$$

Максимальні витрати теплової енергії на вентиляцію громадських будинків:

$$Q_v^{зр} = q_o \cdot A \cdot K_1 \cdot K_2, \text{ Вт}, \quad (3.4)$$

де $K_2 = 0,6$ –коефіцієнт, що враховує витрати теплоти на вентиляцію громадських будинків.

Середній тепловий потік на гаряче водопостачання

$$Q_{h.cp.} = [1.2 \cdot m \cdot (a + b)(t_z - t_x) \cdot c] / (24 \cdot 3600), \text{ Вт}, \quad (3.5)$$

де a – норма витрат гарячої води одним мешканцем за добу (табл. 3.3) ;

b – норма витрат гарячої води для громадських споруд (приймають 25л води за добу на 1 людину) ;

$t_z = 55^{\circ}\text{C}$ – температура гарячої води ;

$t_x = 5^{\circ}\text{C}$ – температура холодної води ;

$C = 4187 \text{ Дж / (кг }^{\circ}\text{C)}$ – питома теплоємність води ;

m – кількість жителів у мікрорайоні

$$m = A / f_n, \text{ чол.} \quad (3.6)$$

де f_n – норма жилої площі на 1 людину , $\text{м}^2/\text{чол.}$

Максимальні витрати теплової енергії на гаряче водопостачання

$$Q_{h.cp.} = 2,4 \cdot Q_{h.cp.}, \text{ Вт.} \quad (3.7)$$

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

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

$$Q_{meц} = \sum_{i=1}^n (Q_{цтп i}), \quad (3.8)$$

Таблиця 3.1 - Укрупненні показники максимального теплового потоку на опалення 1м^2 загальної площі житлових будинків , q_o , Вт/м^2

Етажність забудови	Розрахункова температура зовнішнього повітря для проектування опалення $t_{p.o.}^{\circ}\text{C}$					
	-5	-10	-15	-20	-25	-30
3 - 4	90	97	103	111	119	128
5 і більше	65	69	73	75	82	88

Таблиця 3.2 - Коефіцієнт щільності житлового фонду

Етажність забудови	5	9	12
Щільність житлового фонду ,м²/га	3100	3700	4800

Таблиця 3.3 - Норми витрати гарячої води при температурі 55⁰С на гаряче водопостачання житлових і громадських будівель

Споживачі	Розмірність	Норми витрати , л/добу
Житлові будинки квартирного типу : - з централізованим гарячим водопостачанням ,обладнані умивальниками , мийками і душем	1 мешканець	85
- із сидячими ваннами , обладнаними душем		90
- з ваннами довжиною 1,5 - 1,7 м, обладнаними душами		105
- висотою понад 12 поверхів з централізованим гарячим водопостачання та підвищеними вимогами до благоустрою		115

3.3. Джерела теплопостачання

Котельні є основним джерелом теплопостачання для середніх (з чисельністю населення близько 100 тис.) і малих (до 50 тис.) міст. Залежно від величини теплового навантаження комунальні котельні, що призначені в основному для відпускання теплоти житловим і громадським будинкам, класифікують відповідно до структурних одиниць території міст: будинкові, групові, мікрорайонні, районні.

Домові котельні мають теплову потужність до 2 МВт і відпускають теплоту системам теплоспоживання окремої будівлі. Такі котельні розміщують,

як правило, в межах будинку, який вони обслуговують.

Групові котельні здійснюють теплопостачання групи будинків із загальною кількістю населення до 3000 і сумарною витратою теплової енергії 2-9 МВт.

Мікрорайонні котельні забезпечують теплотою всі житлові й громадські будівлі мікрорайону з чисельністю населення 6-20 тис. і сумарною витратою теплоти 10-70 МВт. Такі котельні, як і групові, розміщують в окремій споруді.

Районні котельні можуть забезпечити теплотою житловий район (або невелике місто) з кількістю населення 25-80 тис. і тепловим навантаженням 50-300 МВт.

Котельні класифікують також за видом теплоносія (парові, водяні), за видом палива (газові, газомазутні, вугільні). Суттєво впливає на теплову схему й номенклатуру обладнання котельні спосіб подачі води на гаряче водопостачання. За цією ознакою розрізняють відкриті й закриті системи. Внаслідок збільшення відбору води з мереж котельні, що обслуговують відкриті системи теплопостачання, мають більшу потужність апаратів підготовки води для котлоустановок.

При закритій схемі теплопостачання найбільш широке застосування знайшли котельні з водогрійними котлами. Принципова теплова схема опалювальної котельні з сталевими водогрійними котлами, що працюють на закриту систему теплопостачання, наведена на рис. 3.2. До складу котельні входить таке основне обладнання: водогрійні котли 1, сільовий насос 2, група пристроїв для підготовки живильної води перед подаванням її до котлів (апарат хімічного очищення води 7, деаератор 11, теплообмінний апарат для попереднього підігрівання сирої води 8, і підігрівання хімочищеної води 9,10), а також живильний 4 і підживлюючий 5 насоси.

Вода із зворотної лінії теплових мереж з невеликим напором (20-40 м вод.ст.) надходить до сільового насосу. Туди поступає також вода від підживлюючого насосу для компенсації втрат води в теплових мережах. До сільового насосу подають і гарячу сільову воду, теплота якої частково була

використана для нагрівання води в теплообмінних апаратах 8, 10. При всіх режимах відпуску теплоти, крім пікового зимового, частина води з зворотної лінії по лінії перепуску 13 надходить в подавальну магістраль для змішування з нагрітою в котлах водою. Змінюючи пропорції потоків нагрітої і охолодженої води, можна забезпечити задану розрахункову температуру в подавальній магістралі теплової мережі.

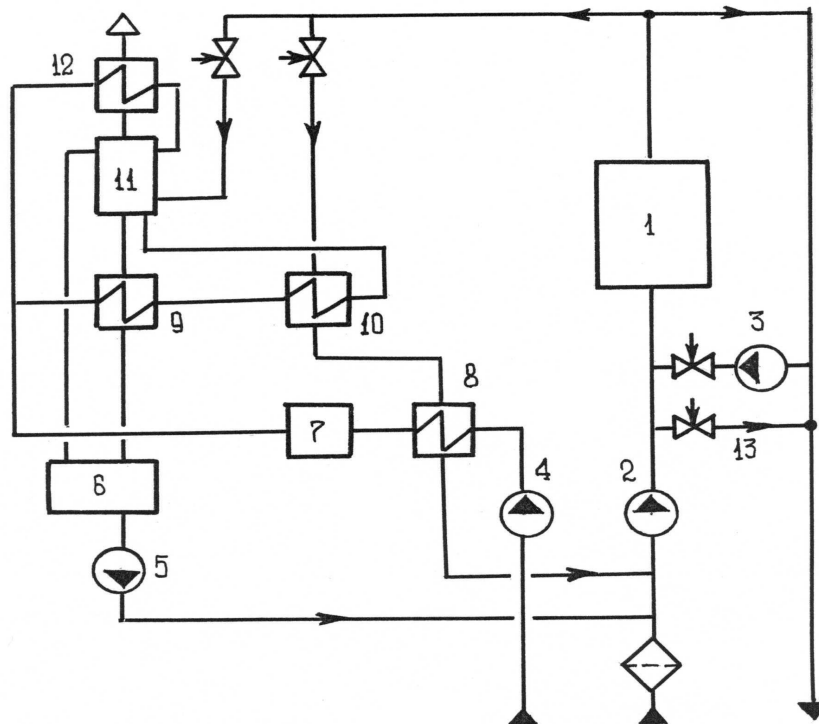


Рис. 3.2 - Теплова схема опалювальної котельні з водогрійними котлами при закритій системі тепlopостачання і водяних теплових мережах:

1 - котел; 2 - сітєвий насос; 3 - рециркуляційний насос; 4 - живильний насос; 5 - підживлюючий насос; 6 - бак підживлюючої води; 7 - апарат хімічного очищення води; 8 - підігрівник сирої води; 9, 10 - підігрівники хімічищеної води; 11 - деаератор; 12 - охолоджувач випару; 13 - лінія перепуску

Для запобігання конденсації водяних парів, що містяться у продуктах згоряння палива, на трубах нагрівальних поверхней котла і зменшення інтенсивності зовнішньої корозії труб необхідно забезпечити температуру води на вході в котли вищою за температуру точки роси димових газів. Мінімально припустима температура води на вході в котли рекомендована такою: при

спалюванні природного газу - не нижче 60 °С, при роботі на мазуті з низьким вмістом сірки - не нижче 70 °С, на мазуті з високим вмістом сірки - не нижче 110 °С. Для цього в трубопровід за сітьовим насосом додають необхідну кількість нагрітої в котлах води. Лінію, яка з'єднує подавальний і зворотній трубопроводи і здійснює підвищення температури води перед котлом називають рециркуляційною. Подання води здійснюється рециркуляційним насосом 3.

Сира вода, що надходить до котельні, містить різні речовини: органічні й мінеральні домішки, сполуки кальцію і магнію, окисли металів, гази (кисень, діоксид вуглецю), тощо. Наявність у воді солей кальція і магнія, які головним чином обумовлюють жорсткість води, призводить при нагріванні води до утворення на стінках труб котлоагрегата шару накипу. Утворення накипу на поверхнях нагрівання пояснюється електростатичними процесами взаємодії між протилежно зарядженими частинками солей і металевої стінки. Відкладення, що утворюються, характеризуються малою величиною коефіцієнта теплопровідності і обумовлюють зростання термічного опору теплопередачі. Це веде до зниження теплової продуктивності і виходу теплообмінних поверхонь з ладу. Наявність у воді газів обумовлює більш інтенсивне протікання процесів внутрішньої корозії труб котлоагрегатів.

Для усунення цих недоліків у котельнях здійснюють комплекс спеціальних заходів, які називають підготовкою води. Процес підготовки сирі води можна поділити на етапи: освітлення або видалення механічної та органічної зависі; пом'якшення або видалення солей жорсткості; деаерація або видалення розчинених у воді газів.

Котельні обладнують котлами, що призначені для спалювання газу і мазуту (маркування КВ-ГМ) і твердого палива. Для роботи на твердому паливі розроблені конструкції водогрійних котлів з шаровим спалювання (котли типу КВ-ТС) і з камерними топками (котли типу КВ-ТК). Характеристики деяких котлів наведені в табл. 3.4, 3.5

Таблиця 3.4 - Технічні характеристики газомазутних водогрійних котлів

Показник	Марка котла			
	КВ-ГМ-4	КВ-ГМ-10	КВ-ГМ-20	КВ-ГМ-50
Теплова продуктивність, Гкал/год (МВт)	4 (4,64)	10 (11,6)	20 (23,2)	50 (58)
Витрати води, т/год	49,5	123,5	247	618
Витрати палива:				
- газу, м3/год	515	1260	2520	6260
- мазуту, кг/год	500	1220	2450	5750
Температура відхідних газів, °С, при роботі				
- на газі	150	185	190	140
- на мазуті	245	230	242	180
ККД при номінальному навантаженні				
- на газі	90,5	91,9	91,9	92,5
- на мазуті	86,35	88,4	88,0	91,1

Таблиця 3.5 - Технічні характеристики водогрійних котлів з шаровим спалюванням твердого палива

Показник	Марка котла			
	КВ-ТС-4	КВ-ТС-6,5	КВ-ТС-10	КВ-ТС-20
Теплова продуктивність, Гкал/год (МВт)	4(4,64)	6,5(7,54)	10(11,6)	20(23,2)
Витрати палива, кг/рік	875	1420	2160	4320
Температура відхідних газів, °С	225	225	220	230
ККД при номінальному навантаженні	81,9	82,2	80,9	80,66

Особливості вироблення теплової енергії на ТЕЦ

Теплоелектроцентралі так само, як і конденсаційні електростанції (КЕС), відносяться до теплових електростанцій. Але на відміну від циклу КЕС, призначенням якого є генерація лише електричної енергії, в циклі теплоелектроцентралі відбувається вироблення як електричної, так і теплової

енергії. Через те, що призначенням циклів ТЕЦ не є отримання максимально можливої кількості електроенергії при спалюванні одиниці палива, не треба забезпечувати мінімальні параметри водяної пари на виході з турбіни. Кінцеві параметри у циклах ТЕЦ повинні бути такими, щоб забезпечити нагрів теплоносія, що подається до теплових мереж, до температури, достатньої для забезпечення потреб теплопостачання.

Завдяки комбінованому виробництву на ТЕЦ теплоти і електроенергії (теплофікації) зникає потреба в спорудженні окремої котельні у споживачів теплоти і заощаджується відповідна кількість палива.

Крім вказаних переваг, у порівнянні з централізованим теплопостачанням від котелень, теплофікація має такі: можливість широкого використання низькосортного палива; поліпшення санітарних умов і чистоти повітряного басейна міст і промислових районів завдяки концентрації спалювання палива у невеликій кількості пунктів, розміщених, як правило, на значній відстані від житлових кварталів; більш раціональне використання методів очищення димових газів від шкідливих домішок.

Принципова тепла схема ТЕЦ подана на рис. 3.3. Процеси нагріву води до температури кипіння, випаровування, перегріву насиченої пари відбуваються в парогенераторі 1 при спалюванні в топці котла відповідної кількості палива. Перегріта водяна пара з потрібними параметрами надходить до парової турбіни, яка складається з ступенів високого 3, середнього 4, низького 5 тиску. Відпрацьована пара після ступеня низького тиску надходить в конденсатор 7. Конденсат, що утворюється після відведення від пари теплоти, за допомогою конденсатного насоса 8 прокачують через тракт низького тиску, який складається з групи підігрівників низького тиску (11, 12, 13, 14), сальникового підігрівника 10 і охолоджувача ежекторної пари 9. Підігрівники низького тиску обігріваються парою з відборів турбіни. Сальниковий підігрівник призначений для утилізації теплоти низькопотенційних витоків D_2 , через лабіринтові ущільнення турбіни. Утилізація теплоти пари, необхідної для роботи ежекторів, відбувається в спеціальному теплообміннику - охолоджувачі

9. Призначення ежекторів в тепловій схемі ТЕЦ - створення необхідного розрідження в конденсаторі в момент запуску турбіни.

Потоки, що змішуються в деаераторі 15, утворюють живильну воду, яка живильним насосом 16 через підігрівники високого тиску 17, 18, 19 подається на вхід парогенератору.

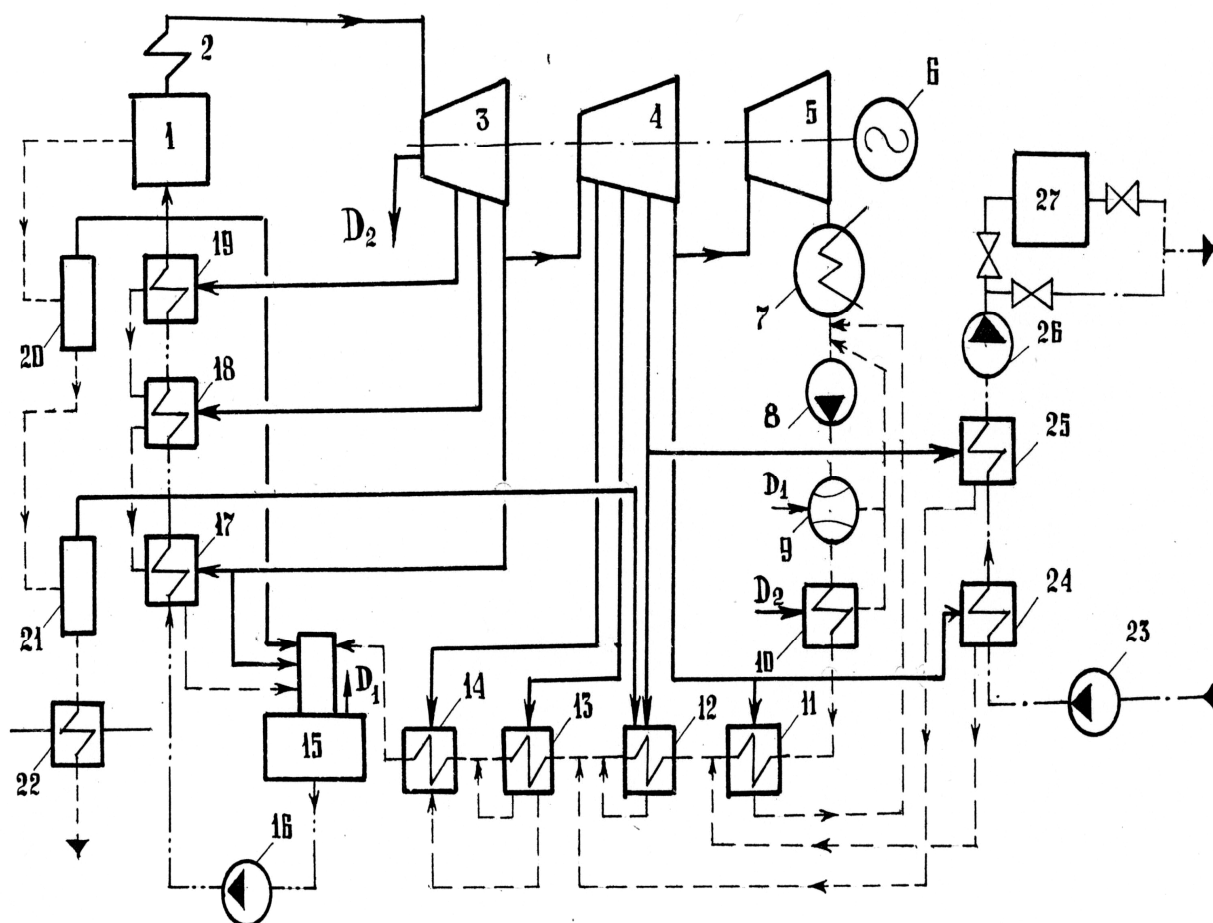


Рис. 3.3 - Принципова тепла схема ТЕЦ:

1 – парогенератор; 2 – пароперегрівник; 3, 4, 5 – парова турбіна: 3 – частина високого тиску, 4 – частина середнього тиску, 5 – частина низького тиску; 6 – електрогенератор; 7 – конденсатор; 8 – конденсатний насос; 9 – охолоджувач ежекторної пари; 10 – підігрівник; 11-14 – підігрівники низького тиску; 15 – деаератор; 16 – живильний насос; 17-19 – підігрівники високого тиску; 20, 21 – розширники безперервної продувки; 22 – теплообмінний апарат; 23, 26 – сітьові насоси; 24, 25 – сітьові підігрівники; 27 – піковий водогрійний котел

Для утилізації теплоти продувочної води в поданій схемі використана двохступінчаста установка, до складу якої входять розширники безперервної продувки 20, 21, теплообмінний апарат 22, призначений для підігріву

додаткової води. Воду з лінії продувки після її охолодження в теплообміннику 22 відводять в каналізацію. Відпуск теплоти для потреб опалення, вентиляції, гарячого водопостачання до водяних теплових мереж відбувається через сітьові підігрівники 25, 26. При низьких температурах зовнішнього повітря догрів води можна здійснювати також в піковому водогрійному котлі 27. Необхідний напір води в теплових мережах створюється сітьовими насосами 23, 26.

Загальний вигляд сітьового підігрівника поданий на рис.3.4. Сітьова вода підводиться і відводиться через водяну камеру 1. Для забезпечення багатоходовості по воді верхня камера розділена перегородками. Кількість ходів води може бути тільки парною. Вода, що нагрівається, рухається всередині трубок, які розвальцьовані у нижній трубній дощці 5. Гріючу пару подають у верхню частину корпусу, рух пари у трубній системі спрямовується спеціальними перегородками 4. Охолоджуючись на зовнішній поверхні трубок, пара конденсується і стікає у нижню частину корпусу апарату і через штуцер відводиться з нього. Загальні характеристики деяких типів підігрівників наведені в табл. 3.6.

Обладнання автономних джерел тепlopостачання.

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

Таблиця 3.6 – Вертикальні підігрівники сітьової води

Марка підігрівника	Площа поверхні нагріву, м ²	Розрахункові параметри						Теплова продуктивність, МВт
		Абсол. тиск, МПа	Температура, °С	Витрати, т/год	Абсол. тиск, МПа	Температура вхід/вихід, °С	Витрати, т/год	
		Пари			Води			
Двоходові підігрівники								
ПСВ-45-7-15	45	0,25	126,8	14	1,6	70/110	180	8,37
		0,8	169,6	19	1,6	100/150	180	10,47
ПСВ-90-7-15	90	0,25	126,8	27	1,6	70/110	350	16,28
		0,8	169,6	29	1,6	100/150	350	15,28
ПСВ-200-14-23	200	0,8	169,6	65	2,4	110/150	800	37,22
		1,5	197,4	86	2,4	130/180	800	46,52
ПСВ-315-14-23	315	0,8	169,6	92,6	2,4	110/150	1130	52,57
		1,5	197,4	97	2,4	150/180	1130	52,57
ПСВ-500-14-23	500	0,8	169,6	122,5	2,4	110/150	1500	58,78
		1,5	197,4	162	2,4	130/180	1500	87,22
Чотириходові підігрівники								
ПСВ-45-7-15	45	0,8	169,6	1,5	1,6	70/150	90	8,37
ПСВ-90-7-15	90	0,8	169,6	3,0	1,6	70/150	175	15,28
ПСВ-200-14-23	200	0,8	169,6	6,6	2,4	70/150	400	37,22
		1,5	197,4	5,15	2,4	120/180	400	27,91

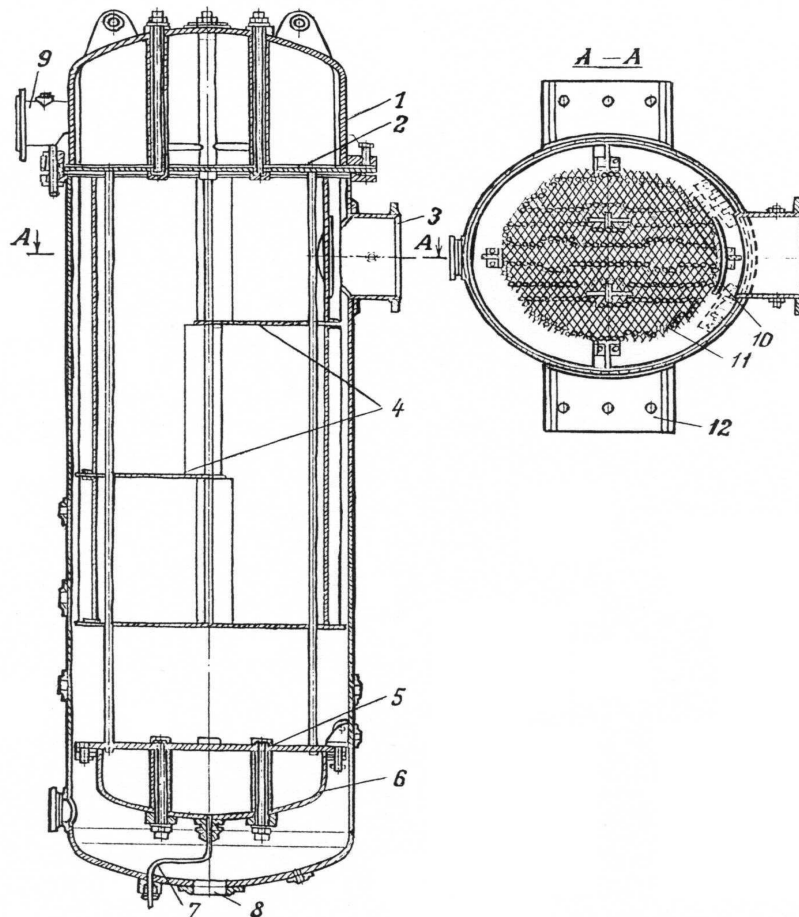


Рис. 3.4. Підігрівник сітьової води:

1 – верхня водяна камера; 2 – верхня водяна дошка; 3 – вхід гріючої пари; 4 – перегородки у паровому просторі; 5- нижня трубна дошка; 6 – нижня водяна камера; 8 – злив конденсата гріючої пари; 9 – патрубки сітьової води; 11 – трубний пучок; 12 – опорні плити.

Використання місцевих джерел для тепlopостачання групи будинків, окремого будинку або його частини можливе у випадку значної віддаленості споживачів теплоти від теплових мереж централізованого тепlopостачання, при високому ступеню зносу теплових мереж, або якщо теплова потужність джерела не була розрахована на перспективу і не може забезпечити певний рівень теплоспоживання. Висновок про доцільність того чи іншого варіанту тепlopостачання повинен формуватися на підставі техніко-економічного аналізу для кожного конкретного випадку з урахуванням місцевих умов. При порівнянні варіантів необхідно забезпечити однакові економічні та енергетичні умови зіставлення, які полягають в наступному:

- повна взаємозамінність варіантів, тобто постачання споживачам

теплової енергії однакової якості і в однаковій кількості;

- розгляд кожного з варіантів в оптимальних для нього умовах, тобто при оптимальних параметрах і режимах роботи обладнання ;
- визначення техніко-економічних показників при однаковому рівні цін.

Місцеві котельні можна встановлювати у прибудованому до споруди приміщенні або безпосередньо у межах будівлі, яку котельня забезпечує теплотою. В останньому випадку теплова продуктивність котельні на газовому або рідкому паливі не повинна бути більшою 3МВт. Теплова потужність прибудованої до споруди або розміщеної в окремому приміщенні котельні не обмежується. До приміщення, призначеному для монтажу газових котлів, висуваються наступні вимоги:

- висота стелі не нижче 2,5 м;
- площа не менше 4 м² на один котел;
- зовнішні двері завширшки не менше 80 см;
- вікно природного освітлення (на кожні 10м³ приміщення – 0,3м² площі вікна);
- отвір для надходження зовнішнього повітря, не менше 8см² на 1кВт номінальної потужності котла, або 30см² на 1кВт у випадку надходження повітря з приміщення;
- димохід (або димоходи при встановленні декількох котлів) повинен мати відповідну до потужності котла площу перерізу (див. табл. 3.7);
- кожний димохід повинен мати ревізійний отвір, розміщений нижче вхідного отвору димоходу не менше ніж на 25см;
- приміщення повинне мати канал вільної вентиляції у верхній частині приміщення; каналізаційний стік; джерело електроспоживання 220В,20А з окремим автоматом захисту мережі.

Таблиця 3.7 – Розміри димоходів

Потужність котла, кВт	24	30	40	55	80	100
Діаметр димоходу, мм	102	130	170	190	220	230

В останній час знайшли використання домові опалювальні котельні. Як приклад обладнання домашньої опалювальної котельні на рис. 3.5 наведена схема компоновки вузлів так званої "дахової котельні", що працює на природному газі. Такі котельні встановлюють на покрівлі будинку і вони здійснюють в автоматичному режимі вироблення і відпуск теплоти на опалення і гаряче водопостачання цього будинку. Залежно від сумарної потреби в теплоті і конструкції будівлі можна передбачити влаштування однієї чи декількох дахових котельень. В цьому випадку котельні працюють автономно і кожна з них автоматично здійснює тепlopостачання частини будівлі.

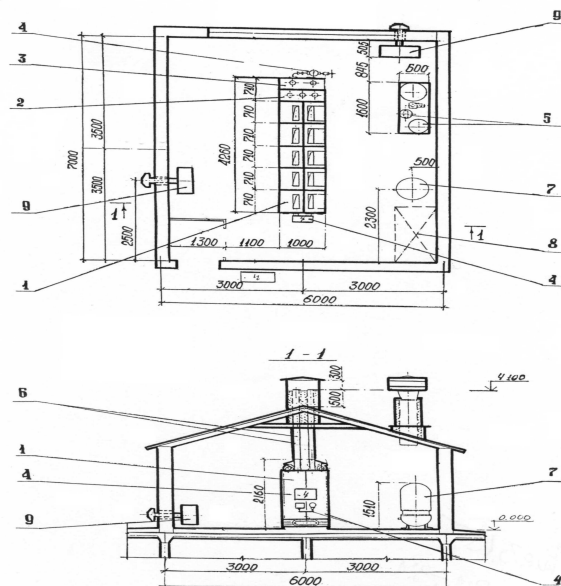


Рис. 3.5 - Компоновка вузлів дахової домашньої котельні:

1 – теплогенеруючий модуль; 2 – модуль гарячого водопостачання; 3 – модуль-регулятор системи опалення; 4 – комплект позамодульних пристроїв; 5- установка для пом'якшення води; 6 – газоходи; 7 – компенсатор; 8 – місце встановлення газового лічильника; 9 – газовий конвектор.

Теплова продуктивність котельні формується теплогенеруючими модулями 4, в яких здійснюється спалювання природного газу і нагрів теплоносія (води). Продуктивність одного модуля системи "ФЕГ-ВЕСТАЛ" складає 120 кВт. Для приготування гарячої води для господарсько-побутових потреб в схемі котельні передбачений спеціальний модуль 2, який забезпечує нагрів 240 л/хв. води до 55 °С.

Конструкція блока нагріву гарячої води для господарсько-побутових потреб передбачає можливість приєднання циркуляційного трубопроводу гарячого водопостачання для здійснення примусової циркуляції гарячої води при незначному водорозборі або при його відсутності. Для обліку споживання гарячої води котельня обладнується витратоміром.

Крім того, до складу котельні входять модуль-регулятор системи опалення 3, комплект позамодульних пристроїв 4. Для зниження жорсткості води передбачена іонообмінна автоматична установка для пом'якшення води 5. Розширення нагрітої сітьової води і підтримання заданого тиску в системі здійснюються в компенсаторі 7 об'ємом 400 л.

Газопостачання котельні виконується від існуючих газопроводів. Для зниження тиску від середнього до 0,0035 МПа на стінці будинку встановлюють шкафну установку ШП-2 з регулятором тиску РД-50. Облік споживання газу відбувається лічильником (місце встановлення газового лічильника показане на рис. 3.5. позицією 8).

Обладнання котельні працює в автоматичному режимі і забезпечує нагрів теплоносія для системи опалення до 90 °С (при температурі в зворотному трубопроводі системи опалення 70 °С). Регулювання відпуску теплоти на опалення - якісне, центральне, за температурою зовнішнього повітря.

Дахова котельня обладнується припливно-витяжною вентиляцією з вільним рухом повітря. Постійно діючий повітрообмін забезпечує асиміляцію теплових надходжень від обладнання. Величина повітрообміну приміщення котельні прийнята триразовою без урахування надходжень повітря на спалювання газу. Температура повітря в котельні в холодний період року

автоматично підтримується на рівні +5 °С газовими конвекторами 9. Видалення продуктів спалювання газу відбувається через газоходи 10.

При недостатньому для гарячого водопостачання тиску води в квартальній системі холодного водопостачання в будинку розміщують підвищуючу насосну установку, до складу якої входять малощумні насоси. Потрібний напір води на виході з насосів визначають з урахуванням всіх втрат тиску води в системі подавальних і циркуляційних трубопроводів, втрат тиску в теплообміннику модуля котельні для приготування гарячої води і наявного напору води в мікрорайонній мережі холодного водопостачання. Характеристики процесу спалювання газу і техніко-економічні показники роботи котельні продуктивністю 720 кВт наведені в табл. 3.8.

Таблиця 3.8 - Техніко-економічні показники дахової котельні

Показник	Позначення, од. виміру	Величина
Розрахункова продуктивність котельні (витрати теплоти для потреб теплопостачання будівлі)	Q_P , кВт	705
Встановлена теплова продуктивність	$Q_{ВСТ}$, кВт	720
Кількість теплогенеруючих модулів	n , шт.	6
Витрати газу	V_0 , м ³ /рік	86,4
Річний відпуск теплоти	$Q_{ВІД}$, ГДж/рік	5217
Річна кількість годин використання встановленої потужності		
- 6 модулів	годин	4536
- 3 модулі	годин	4224
Річні витрати палива	млн.м ³	0,1625
Температура відхідних газів	t від, °С	169
Теоретичний об'єм повітря для процесу спалювання палива	V_0^B , м ³ /м ³	9,96
Теоретичний об'єм димових газів	$V_0^Г$, м ³ /м ³	11,16
Викиди в атмосферу	г/с	
- NO		0,081164
- NO ₂		0,0131189
- CO		0,071
- бенз(а)пірену		0,00067

Котли малої потужності використовують для тепlopостачання невеликих будівель або окремих приміщень. На рис. 3.6 схематично показаний опалювальний водогрійний котел КГП-25, призначений для систем водяного опалення приміщень до 200 м². Маючи невеликі габарити (645x435x1200мм) котел характеризується номінальною тепловою потужністю 25 кВт. Коефіцієнт корисної дії 85 %_t, робочий тиск 0,15 кПа. Особливість даного котлоагрегата полягає в тому, що як конвективна поверхня нагріву використовується пакет зварених гофрованих пластин з нержавіючої сталі, що сприяє підвищенню рівня теплообміну в котлі, а також підвищує експлуатаційні показники агрегату. Топковий об'єм і конвективна поверхня котла мають систему водяного охолодження. Котел використовує природний газ і обладнаний газовими пальниками з автоматикою АПОК-1.

Електричні водогрійні котли, в яких нагрів здійснюється електроенергією, виготовляють тепловою продуктивністю до 1,16 МВт.

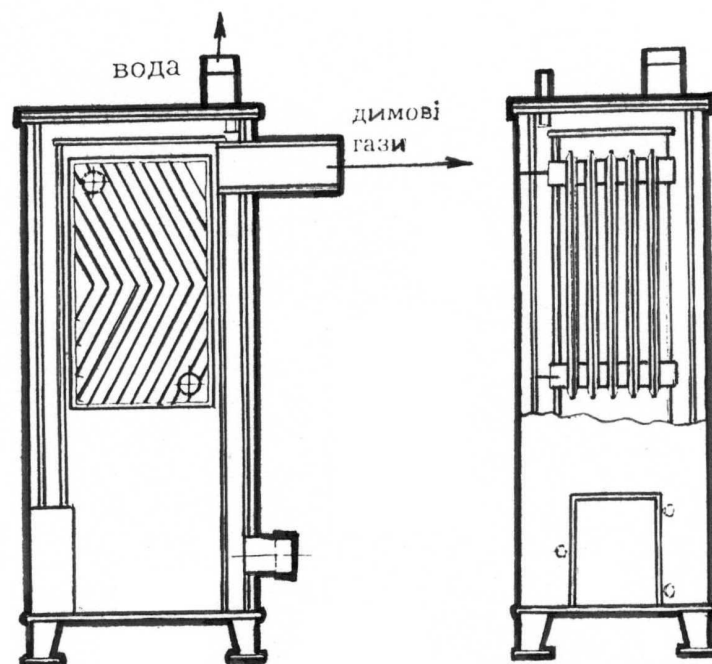


Рис. 3.6 - Опалювальний водогрійний котел КГП-25.

Характеристика деяких вітчизняних газових водогрійних котлів для опалення і гарячого водопостачання будинків подана у табл. 3.9 - 3.11. Котли марок КБН-Гн-3,15М, КВас-Гн-0,8(0,4) розроблені для використання газового палива, мають блочну конструкцію і можуть бути використані для експлуатації

у складі стаціонарних і мобільних котелень. Котли комплектуються газовими пальниками, вентилятором, автоматикою регулювання та безпеки. Монтаж котлів не потребує улаштування спеціального фундаменту. Котли мають коефіцієнт корисної дії більше 90%.

Побутові водогрійні котли „Рубин” (виробник ЗАТ „Інститут Укроргстанкинпром”) призначені для опалення житлових будинків площею до 500м². Котли обладнані високоефективним атмосферним безшумним пальником фірми „Polidoro” або „Bray” з п’єзOMETричним запалюванням газу. Номінальний тиск газу 0,013 кг/см². Надійність, безпека і економічність роботи забезпечується газовою автоматикою „Honeywell”. Температура відхідних газів не перевищує 90⁰С.

Конструкція котлів передбачає вільну циркуляцію опалювальної води. Котли виготовляють з контуром гарячого водопостачання або без нього. Технічні характеристики агрегату і основні розміри подано у табл.3.10.

Таблиця 3.9 – Основні характеристики газових водогрійних котлів.

Показник	Од. виміру	Марка кола		
		КБН-Гн-3,15М	КВас-0,8	КВас-0,4
Номінальна теплова продуктивність	МВт	3,15	0,8	0,4
Витрата палива (природній газ ГОСТ 5542-78)	м ³ /год	350	95	48
Коефіцієнт корисної дії	%	91	91	91,5
Максимальний робочий тиск води	МПа	1,2	0,6	0,6
Максимальна температура води на виході з котла	°С	115	95	95
Температура зворотної води перед котлом	°С	70	60	60
Температура відхідних газів не більше	°С	160	160	160
Максимальний тиск газу перед автоматикою	кПа	3,0	1,27	1,2
Маса котла	кг	5500	1200	570

Таблиця 3.10 – Технічні характеристики котлів марки „Газ-900”

Найменування			
Площа поверхні нагріву, м ²	23,2	31,52	39,84
Теплова продуктивність, МВт	0,79	1,08	1,37
Коефіцієнт корисної дії, %	92	92	92
Кількість секцій, шт.	12	16	20
Габаритні розміри, мм			
- довжина	3380	3820	4260
- висота	1550	1550	1550
- ширина	1275	1275	1275
Маса металевих частин (без автоматики), Т	2,595	3,235	3,875

Таблиця 3.11 - Технічні характеристики побутових газових котлів “Рубин”

Показник	Модель					
	8	10	16	20	32	50
Номинальна теплова продуктивність, кВт	8	10	16	20	32	50
Коефіцієнт корисної дії, %	95					
Витрата газу при номінальній продуктивності, м ³ /год	0,9	1,12	1,8	2,24	3,52	6,05
Об’єм котлової води, л	36	49	62	77	103	180
Маса котла, кг	80	84	97	121	186	298
Розміри, мм:						
- А	400	400	450	450	520	650
- В	851	851	1000	1000	1000	1000
- L1	596	596	670	670	760	910
- L	470	470	520	520	590	720
- D	100	100	125	125	140	155

Для опалення невеликих (до 200 м²) будинків при використанні таких видів палива, як торф, дерев'яна тріска тощо розроблені водогрійні котли марок КРГ (виробник ЗАТ „Житомирремхарчомаш”). Агрегати обладнані механічною топкою, системами подачі палива й повітря, димососом а також необхідними приладами контролю. Котли цих марок забезпечують нагрівання води до 95⁰С і мають теплову продуктивність від 40 до 800 кВт. Витрата палива, наприклад, такого як торф при цьому відповідно від 10,48 до 418 кг/год. Температура відхідних газів і коефіцієнт корисної дії залежать від типорозміру котла, виду палива і змінюється у межах відповідно 160-200⁰С й 75-82%.

⁵ Призначені для теплозабезпечення багатоквартирних будинків, громадських будівель та інших великих споруд водогрійні котли Turbomat-RN фірми “Viessmann” можуть використовувати рідке й газове паливо. Конструкція цих котлів характеризується горизонтальною компоновкою циліндричного корпусу і трьома газоходами для руху продуктів згорання палива. Використання теплоти відхідних газів за допомогою спеціального газо-водяного теплообмінного апарату і малі витрати теплоти завдяки застосуванню ефективної теплоізоляції товщиною 120 мм та водяного охолодження передньої стінки забезпечують величину нормативного коефіцієнта корисної дії до 95%. Котли марки Turbomat-Duplex-RN призначені для нагрівання води до температури 120⁰С. Котли мають номінальну теплову потужність від 1,86 до 5,9 МВт. Нагрівання води до температури більше 120⁰С здійснюють котли марки Turbomat-RN-HW, номінальна теплова продуктивність яких знаходиться в інтервалі 0,375-14 МВт. Основні характеристики деяких котлів наведені в табл. 3.12.

Для теплопостачання невеликих будинків і окремих приміщень пропонується широкий асортимент котельної техніки малої потужності для роботи на рідкому та газовому паливі. Такі котли можуть мати вмонтовані теплообмінні апарати для гарячого водопостачання або комплектуватися з зовнішнім підігрівачем гарячої води.

Таблиця 3.12 - Характеристики водогрійних котлів Turbomat-RN-HW

Номінальна теплова потужність, МВт	0,375	0,490	0,655	0,785	0,980	1,31	1,57	1,96
Габаритні розміри								
-довжина, мм	2505	2685	2970	3020	3235	3485	3685	3835
-ширина, мм	1475	1525	1600	1700	1825	2000	2075	2200
-висота, мм	1775	1825	1900	2000	2125	2300	2375	2500
Загальна вага котла з теплоізоляцією для припустимого достатнього робочого тиску, кг								
-0,65 МПа	1450	1750	2100	2500	3050	4000	4600	5400
-0,8 МПа	1650	2000	2350	2700	3450	4550	5200	6150
-1,0 МПа	1710	2040	2470	2930	3590	4690	5380	6350
-1,3 МПа	1850	2200	2650	3150	3850	5050	5800	6850
-1,6 МПа	1970	2350	2840	3370	4130	5390	6190	7310
Об'єм котлової води, л	1680	1925	2410	2850	3600	4740	5440	6390

Чавунні опалювальні котли Logano G115, Logano G215 (фірма „Бодерус”) на дизельному паливі мають номінальну теплову продуктивність від 17 до 85 кВт, що дозволяє використовувати їх для опалення будинків і окремих приміщень різного призначення, і високу ефективність процесу спалювання палива (ккд становить 96%). Для нагрівання води для потреб гарячого водопостачання котли можуть бути укомплектовані або вмонтованим у єдиний з корпусом котла блок водопідігрівачем Logalux LT, або баками-водопідігрівачами Logalux ST, які встановлюють окремо. Баки виготовляють ємністю 150, 200 або 300л і оздоблюють гладкотрубними теплообмінниками.

Технічні характеристики котлів марки Logano G115 у двох модифікаціях і котлів Logano G215 наведені у табл. 3.13.

Таблиця 3.13 - Технічні характеристики опалювальних котлів на дизельному паливі

Logano G115

Номінальна теплова потужність, кВт	17	21	28	34
Габаритні розміри, мм				
- довжина	780	780	900	1020
- ширина	600	600	600	600
- висота	960	960	960	960
Габаритні розміри котла з вмонтованим під ним баком-водопідігрівачем Logalux LT (у дужках наведена ємність бака, л)				
- довжина (135)	922	922	-	-
- довжина (160)	922	922	922	-
- довжина (200)	1077	1077	1077	1077
- довжина (300)	1467	1467	1467	1467
- ширина	655	655	655	655
- висота	1610	1610	1610	1610

Logano G215

Номінальна теплова потужність, кВт	40	47	58	70	85
Загальна довжина, мм	667	787	907	1027	1147
Ширина, мм	600	600	600	600	600
Висота, мм	1130	1130	1130	1130	1130
Вага, кг	182	227	272	317	362

Водогрійні котли фірми Viessmann призначені для роботи як на рідкому так і на газовому паливі. Котли для рідкого палива марки “Vitola 100” характеризуються тепловою продуктивністю до 63 кВт і сконструйовані за модульним принципом. Нормативний коефіцієнт корисної дії з урахуванням середньорічного температурного циклу становить 93%. Основні параметри котлів наведені у табл. 3.14.

Таблиця 3.14 - Технічні характеристики водогрійних котлів для рідкого палива “Vitola 100”

Номінальна теплова продуктивність, кВт	15	18	22	33	40	50	63
Габаритні розміри, мм							
- довжина	1033	1112	1178	1340	1350	1489	1603
- ширина	640	640	667	700	776	804	804
- висота	830	830	850	865	940	975	975
Вага, кг	161	170	197	247	300	373	407
Об’єм теплової води, л	61	70	88	118	140	199	223

Компактні водогрійні котли марок “Vitola 111”, “Vitola 222” мають вмонтований ємкий водопідігрівач з нержавіючої сталі, який дозволяє приготувати, акумулювати і відпускати гарячу воду для гарячого водопостачання. Оптимальна конфігурація камери згорання, що обумовлює повноту згорання паливної суміші, і високоефективна теплоізоляція котла і ємкого водопідігрівача забезпечують нормативний ККД для котлів марки 111 – 93%, для котлів марки 222 – 95%. Котли встановлюють на підлозі, займають площу 0,95м². Параметри котлів подані у табл. 3.15.

Таблиця 3.15 - Технічні характеристики водогрійних котлів з вмонтованим емким водопідігрівачем

Номінальна теплова продуктивність, кВт	15	18	18	22	22	27	27
Ємкість водопідігрівача, л	130	130	165	130	165	130	165
Габаритні розміри, мм							
- довжина	1133	1112	1112	1178	1178	1276	1276
- ширина	667	667	667	667	667	700	700
- висота	1750	1750	1750	1770	1770	1790	1790
Вага, кг							
- марка 111	271	281	289	308	316	342	350
- марка 222	268	282	290	308	316	342	352

Водогрійні котли фірми Viessmann для опалювання газового палива мають маркування Vitogas. Теплообмінні поверхні котлів Vitogas 100 виготовляють із сірого чавуну. Компактність котлів дозволяє встановлювати їх як у котельні, так і у підсобних приміщеннях. Нормативний ККД знаходиться в межах 92%. Теплова потужність і розміри котлів наведені у табл. 3.16.

Таблиця 3.16 - Основні технічні дані водогрійних низькотемпературних котлів для роботи на газовому паливі

Номінальна теплова потужність, кВт	11	15	18	22	29	35	42	48
Габаритні розміри, мм:								
- довжина	844	844	844	844	844	864	864	864
- ширина	500	500	650	650	650	840	840	840
- висота	845	845	845	845	845	845	845	845
Номінальна теплова потужність, кВт	60	72	84	96	108	120	132	144
Габаритні розміри, мм								
- довжина	864	1040	1040	1090	1090	1090	1090	1090
- ширина	1110	1110	1120	1220	1330	1430	1540	1640
- висота	845	1088	1088	1088	1088	1088	1088	1088

Спеціальна конструкція теплообмінної поверхні конденсатного котла Vitogrossal 300 забезпечує глибоке використання теплоти продуктів згорання, що дозволяє суттєво знизити витрату палива й рівень шкідливих виділень. Котел має вертикальну компоновку, що полегшує стікання плівки конденсату. Номінальна теплова потужність знаходиться у межах від 8,4 до 65 кВт.

Настінні чавунні водогрійні котли PROTHERM (Чехія, Словаччина) призначені для роботи на природному газі й пропані (тиск на вході 1.8 кПа); можуть мати електронне або п'єзометричне запалювання газу. Переривач тяги оптимізує умови процесу спалювання і підтримує необхідну тягу димоходу. Котел оздоблений термостатом, який здійснює пуск циркуляційного насоса тільки після достатнього рівня нагріву води в котловому просторі. Котел можна використовувати разом з зовнішнім нагрівачем гарячої води для побутових потреб. Система управління передбачає декілька режимів роботи: в літньому режимі котел виробляє теплоту для теплообмінника гарячого водопостачання, в зимовому режимі – також необхідну для опалення кількості теплової енергії. Продукти спалювання газу можна відводити або у димохід, або у тих випадках, коли немає такої можливості, - через зовнішню стіну за допомогою вентиляторної надставки. Максимальні робочий тиск і температура води становлять відповідно 400 кПа і 90°C. Конструкція котла забезпечує коефіцієнт корисної дії при спалюванні природного газу 90-92%, пропану – 89-91%. Інші основні параметри котлів подані у табл. 3.17.

На відміну від розглянутої конструкції, котли PROTHERM-PANTHER дозволяють здійснювати гаряче водопостачання у режимі циркуляції. Завдяки встановленню пластинчастого теплообмінного апарату з нержавіючої сталі та циркуляційного насосу безперервно підтримується температура гарячої води у циркуляційному контурі на рівні 40°C.

Система управління дозволяє здійснювати надійну, повністю автоматичну роботу котла, причому температура нагріву води для системи опалення регулюється залежно від температури зовнішнього повітря. Зовнішній датчик постійно слідкує за погодними змінами, а регулятор на підставі

попередньо заданих температурних графіків забезпечує тепловий режим приміщення. Для більш спрощеного обслуговування регулятора в його пам'яті є декілька попередньо заданих опалювальних графіків, один з яких може бути обраний споживачем. Котли розраховані на тиск природного газу 1.8кПа, пропану – 3.7кПа і відповідні витрати 2.7м³/год і 1.66кг/год. Максимальна робоча температура для системи опалення 85°С, ККД котла – 90%. Інші технічні характеристики котла наведені у табл. 3.18.

Таблиця 3.17 - Основні показники котлів PROTHERM

Показник	Марка				
	20	30	40	50	60
Теплова продуктивність, КВт					
- на природному газі	11,9-17	18,2-26	35	44,5	49,5
- на пропані	11,2-16	17,2-24,5	33	42,5	49,5
Витрата:					
- природного газу, м ³ /ГОД	1,4-2	2,1-3	4	5,2	5,8
- пропану, кг/м ³	1-1,6	1,4-2,4	3,2	4,1	5
Об'єм котлової води, л	9,1	11,6	14,1	16,6	19,1
Вага без води, кг	90	110	136	164	170
Габаритні розміри, мм					
- А	335	420	505	590	675
- В	137	180	222	265	350
- D	130	130	150	180	180

Таблиця 3.18 - Параметри газових водогрійних котлів PROTHERM-PANTHER

Показник	Од. виміру	Марка	
		24-KTV	24-KOV
Номінальна потужність			
- опалення	кВт	9-23	9-23
- нагрів гарячої води	кВт	9-23	9-23
Відведення продуктів згорання			
- засіб		турбо	У димохід
- діаметр димоходу	мм	100/60	135
- температура продуктів згорання	°С	120/128	120/128
Розміри: Висота/ширина/глибина	мм	740/410/320	
Вага без води	кг	35	

Як приклад, у табл. 3.19 подані основні технічні показники опалювального електричного котла PROTHERM – Скат, призначеного для роботи від мережі 220В. Основними вузлами електрокотла є ємкість з нагрівальними елементами і патрубками для входу і виходу теплоносія, розширювальний бак, інтегрований гідравлічний блок, до складу якого входять насос, датчик тиску теплоносія та запобіжний клапан. Конструкція котла передбачає можливість з'єднання окремих агрегатів у каскад, що дозволяє формувати джерело більшої потужності.

Таблиця 3.19 - Технічні характеристики електрокотлів PROTHERM – Скат

Показник	Од. виміру	Значення
Потужність, що споживається	кВт	9;12;15;18;21;24
Робочий тиск: Максимальний/мінімальний	кПа	300/100
Максимальна температура опалення	°С	85
ККД	%	99,5
Об'єм розширювального бака	л	10
Розміри: Висота/ ширина/глибина	мм	745/410/240
Вага (без води)	кг	34

Широке застосування електричний нагрів знаходить для гарячого водопостачання квартир, окремих невеликих будинків, кафе тощо. Такі водопідігрівники складаються з бака, виготовленого з нержавіючої сталі теплових електронагрівальних елементів, теплової ізоляції і зовнішнього бака. Блок автоматики забезпечує заповнення ємкості водою і підтримання температури води на заданому рівні. Апарати мають вертикальну або горизонтальну компоновку. Водопідігрівники типу “Thermex” виготовляють у двох модифікаціях, які дозволяють як вертикальну, так і горизонтальну компоновку. Основні показники і габаритні розміри водопідігрівників “Thermex” наведено у табл. 3.20.

Таблиця 3.20 - Характеристики електричних водопідігрівників “Thermex”

Модифікація	Модель	Робоча ємкість, л	Розміри зовнішнього корпусу, мм		Потужність, Вт	Час нагріву
			Довжина	Діаметр		
Вертикальна	10P	10	410	335	1200	25 хв.
	15FP	16	455	315	2000	26 хв.
	30P	40	500	380	1200	1г. 45 хв.
	50P	47,5	510	440	1200	2г. 45хв
	80P	76,5	720	440	1200	3г. 30 хв.
	100P	100	945	440	1500	3г. 50 хв.
	150P	130	1125	440	1500	6 г. 30 хв.
	200FP	20	1215	565	2400	6 г. 30 хв.
	300FPB	300	1525	565	3000	7 год.
Горизонтальна	50PO	50	510	440	1200	2 год.
	80PO	76,5	720	440	1200	2 г.30 хв.
	100PO	100	945	440	1500	3 год.
	150PO	130	1125	440	1500	5 г. 30 хв.
	200PO	200	1215	565	2400	5 г. 30 хв.

3.4. Теплові пункти

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

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

- 1) для підготовки води з температурою не нижче 55°C для системи гарячого водопостачання;
- 2) для підготовки теплоносія з температурою 95-105°C для системи опалення;
- 3) для підготовки води і теплоносія і для системи гарячого водопостачання і для системи опалення.

Вибір схеми приєднання водопідігрівників гарячого водопостачання визначається співвідношенням величини максимальних теплових потоків на гаряче водопостачання і опалення:

$$\beta = \frac{Q_{h,\max}}{Q_{o,\max}}, \quad (3.9)$$

Одноступінчасті схеми приєднання наведені на рис. 3.7. Паралельну схему рекомендують застосовувати, якщо витрата теплоти на гаряче водопостачання значно перевищує витрату теплоти на опалення $\beta > 1.2$.

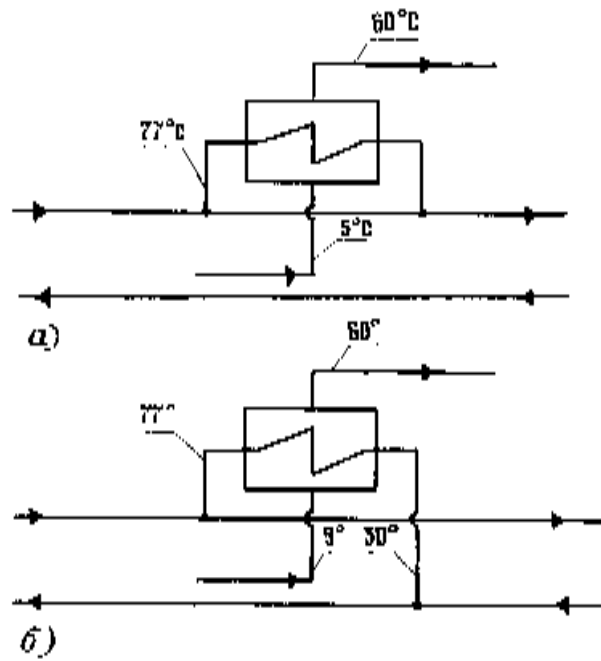


Рис. 3.7 - Одноступінчасті схеми приєднання водопідігрівників до закритих теплових мереж:
 а- передвключена; б- паралельна

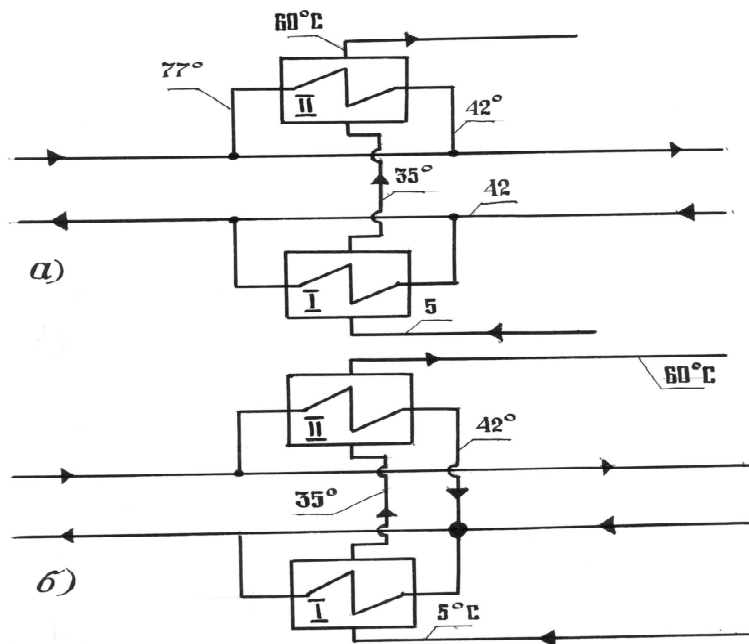


Рис. 3.8 - Двоступінчасті схеми приєднання водопідігрівників до закритих теплових мереж:
 а- послідовна; б- змішана

У тих випадках, коли навантаження на систему гарячого водопостачання незначне у порівнянні з тепловим навантаженням системи опалення ($\beta < 0,2$), застосовують передвключену систему приєднання.

Двоступінчасті схеми (рис. 3.8) впроваджують для використання при приготуванні гарячої води теплоти, що міститься в теплоносії зворотних трубопроводів системи опалення. Таке більш повне використання теплоти в місцевих системах забезпечує зниження потрібних витрат теплоносія і, отже, зменшення металоємкості зовнішніх теплових мереж.

При співвідношенні навантажень $0,3 < \beta < 0,6$ рекомендується до застосування двоступінчаста послідовна схема. При такому приєднанні до теплових мереж в теплообмінному апараті першого ступеня водопідігрівної установки холодна вода теплоносієм зі зворотного трубопроводу системи опалення підігривається до температури 25-35°C. Для догрівання цієї води до потрібної за нормативними матеріалами температури 55-60°C використовується теплообмінний апарат другого ступеня. Гріючим середовищем на цьому ступені є теплоносій з подавального трубопроводу теплових мереж. Охолоджена внаслідок теплопередачі сітьова вода надходить до системи опалення.

При значеннях $0,6 < \beta < 1,2$ більш економічна двоступінчаста змішана схема. На відміну від попередньої, при такій схемі підігрівання холодної води на першому ступені відбувається водою з зворотного трубопроводу системи опалення, змішаною з сітьовою водою, охолодженою на другому ступені водопідігрівної установки. Робота теплообмінників першого ступеня здійснюється, як правило, без регулювання і його теплове навантаження визначається витратою води, а також витратою і початковою температурою гріючої води. Теплову продуктивність другого ступеня регулюють за допомогою автоматичних регуляторів, що забезпечують температуру гарячої води на виході з водопідігрівної установки на потрібному рівні.

Найбільш широке розповсюдження знайшли ЦТП з двоступінчастим приєднанням водопідігрівників гарячого водопостачання (рис. 3.9)

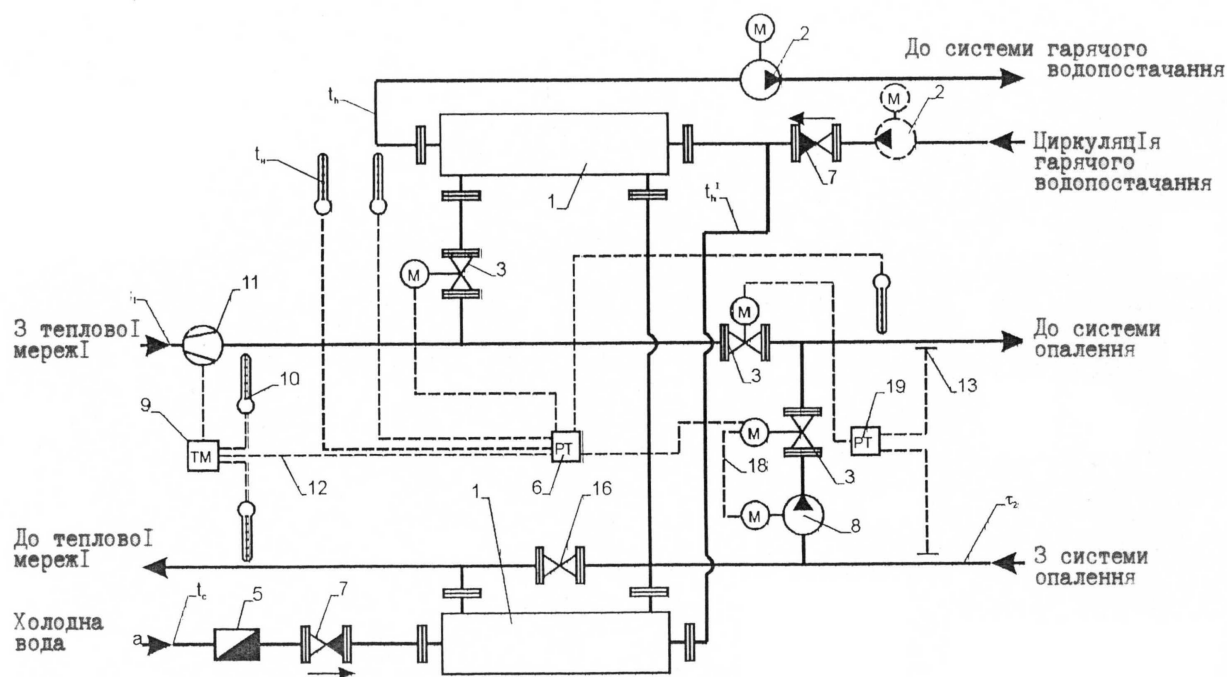


Рис. 3.9 - Принципова схема центрального теплового пункту з двоступінчастим приєднанням водопідігрівників гарячого водопостачання (ГВ): 1 – підігрівник ГВ; 2 – циркуляційний насос ГВ; 3 – регулюючий клапан з електроприводом; 4 – регулятор перепаду тиску; 5 – водомір холодної води; 6 – регулятор споживання теплоти на опалення, ГВ та обмеження максимальних витрат сітьової води на ввіді; 7 – зворотний клапан; 8 – підмішуючий насос; 9 – тепловий лічильник; 10 – датчик температури; 11 – датчик витрат води; 12 – сигнал обмеження максимальних витрат води з теплової мережі; 13 – датчик тиску води у трубопроводі; 18 – сигнал вмикання насосу; 19 – регулятор перепаду тиску.

Для автоматичного підтримання температури гарячої води на виході з водопідігрівної установки на встановленому рівні в схемах теплових пунктів (рис. 3.9) передбачене встановлення регуляторів температури. Такі регулятори бувають гідравлічними й електронними. Забезпечення необхідної температури гарячої води здійснюється зміною витрати гріючої води через теплообмінні апарати водопідігрівної установки.

Засоби автоматизації теплового пункту також підтримують постійний тиск у зворотному трубопроводі опалювальної системи за допомогою регулятора тиску і на незмінному рівні витрату сітьової води для системи опалення за допомогою регулятора витрат.

Для обліку холодної води, що витрачається на потреби гарячого водопостачання, на тепловому пункті встановлюють лічильник холодної води,

діаметр умовного проходу лічильника вибирають, виходячи із середньогодинних витрат води, які не повинні перевищувати експлуатаційні для даної марки пристрою.

Для обліку споживання теплової енергії на теплових пунктах встановлюють лічильники теплової енергії. Існує велика кількість модифікацій таких приладів, але незважаючи на конструктивні особливості, більшість сучасних лічильників теплової енергії складається з таких блоків:

- теплообчислювачів (інші назви - інтегратори, мікропроцесори, вимірювальні перетворювачі сигналів), що мають оригінальні технічні рішення на сучасній елементній базі й призначені для розрахунку згідно з відповідними алгоритмами обліку спожитої теплової енергії та інших параметрів, що характеризують технологічні процеси теплоспоживання;
- двох первинних перетворювачів сигналів для вимірювання температури теплоносія в подавальному і зворотному трубопроводах водяної системи опалення житлових і громадських будинків, під'їздів житлових будинків або окремих помешкань при горизонтальних двотрубних і горизонтальних однострубних системах опалення;
- первинного перетворювача сигналів для вимірювання витрати теплоносія (його встановлюють, як правило, у зворотному трубопроводі);
- інші перетворювачі сигналів, які мають деякі модифікації лічильників.

Збір інформації від лічильників теплової енергії виконують за допомогою ручного пульта, адаптерів, модемного зв'язку з ПЕОМ на відстань до 1000м, адаптера друку тощо.

3.5. Приєднання споживачів теплової енергії до системи тепlopостачання

Приєднання місцевих водяних систем опалення здійснюють за залежними (рис. 3.10) або незалежною схемою. При залежних схемах гідравлічний режим теплоносія в місцевій системі визначається гідравлічним режимом теплоносія в

тепловій мережі. Схему, наведену на рис. 3.10, а - без зниження температури на вводі, застосовують для систем опалення промислових будівель, пралень, спортзалів, басейнів, торговельних приміщень об'ємом понад 500 м³, а також для житлових, громадських будівель, якщо розрахункова температура в подавальному трубопроводі не перевищує 105°C.

Зниження температури на вводі в систему опалення забезпечується змішуванням потоків води з подавального трубопроводу теплової мережі та з зворотного трубопроводу системи опалення. При втратах тиску в місцевій системі до 0,15 МПа застосовується залежна схема з водоструминним елеватором (рис.3.10, б). Одним з недоліків водоструминних елеваторів є низький гідравлічний коефіцієнт корисної дії, що позначається на величині втрат тиску теплоносія. При недостатньому для роботи елеватора напорі в тепловій мережі або при втратах тиску в місцевій системі більше 0,15 МПа застосовують змішувальні насоси, які встановлюють на перемичку між подавальним і зворотнім трубопроводами системи опалення (рис. 3.10, в).

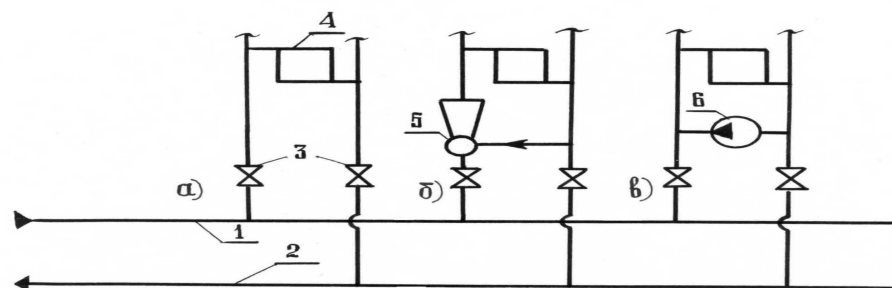


Рис. 3.10 - Залежне приєднання систем опалення до теплових мереж: а – без зниження температури на вводі; б – зі зниженням температури сіткової води за допомогою водоструминного елеватора; в – зі зниженням температури за допомогою підмішуючого насоса; 1, 2 – подавальний і зворотний трубопроводи теплової мережі; 3 – засувка; 4 – опалювальний прилад; 5 – елеватор; 6 – підмішуючий насос

Незалежне приєднання (рис. 3.11) реалізується за допомогою теплообмінного апарату, в якому відбувається нагрів теплоносія для місцевої системи опалення до необхідної температури теплоносієм з теплової мережі. Потрібні параметри гідравлічного режиму (тиск, витрати) в місцевій системі забезпечуються спеціальними насосами.

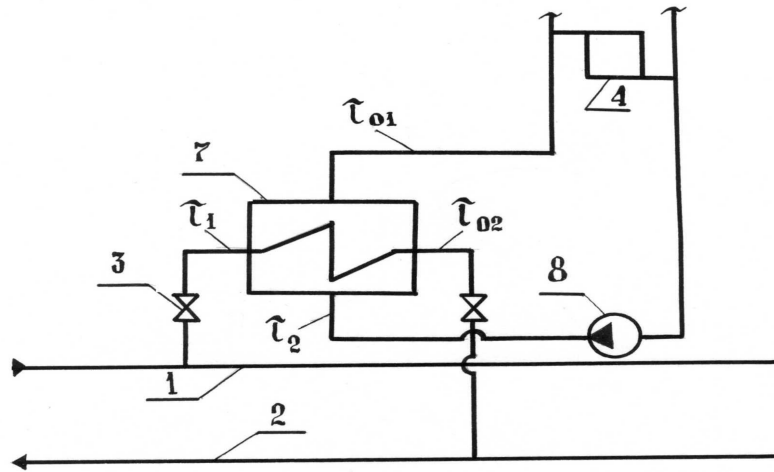


Рис. 3.11 - Незалежне приєднання систем опалення до теплових мереж:
4 – опалювальний прилад; 8 – циркуляційний насос опалення; інші позначення див. рис. 3.10.

При відкритих схемах теплопостачання місцеві системи гарячого водопостачання приєднують безпосередньо (рис. 3.12), при закритих – за незалежною схемою за допомогою теплообмінних апаратів (рис. 3.13)

При безпосередньому приєднанні систем гарячого водопостачання розподіл води буде верхнім, нижнім, тупиковим, із циркуляційними стояками. Циркуляційний стояк може бути один на один подавальний або один на декілька подавальних стояків.

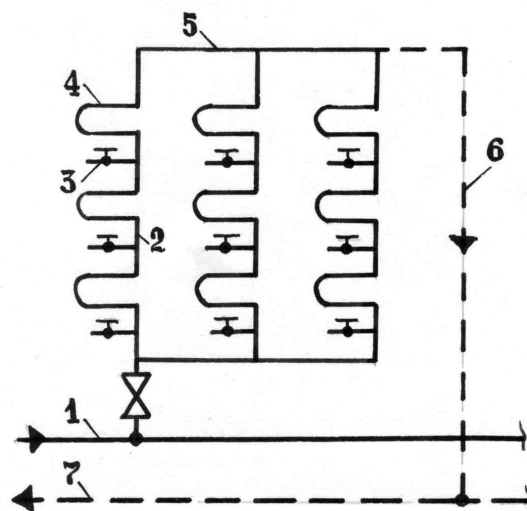


Рис. 3.12 - Схема секційного вузла:

1 – розподільчий трубопровід; 2 – водорозбірний подавальний стояк; 3 – кран гарячої води; 4 – рушникосушарка; 5 – циркуляційна перемичка; 6 – циркуляційний стояк; 7 – циркуляційна магістраль

На рис. 3.12 наведена найбільш поширена схема безпосереднього приєднання системи гарячого водопостачання з нижнім розподілом гарячої води і секційними вузлами до теплової мережі.

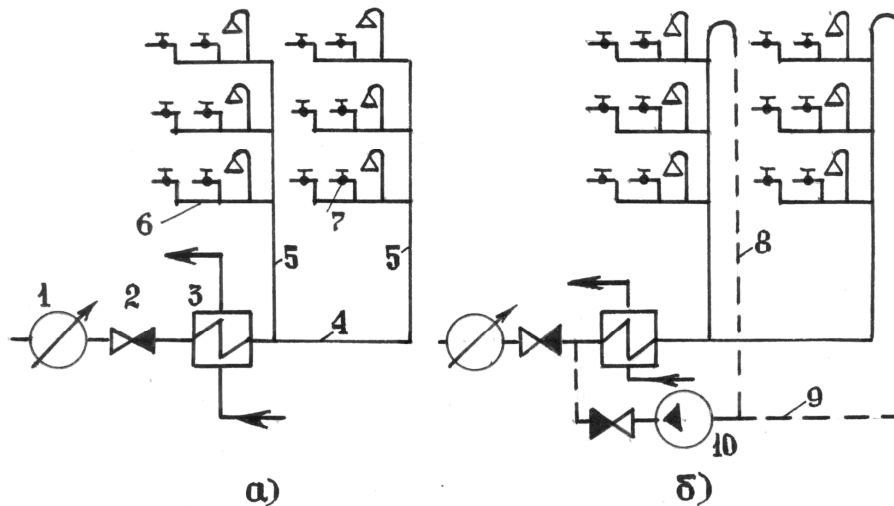


Рис. 3.13 - Схеми гарячого водопостачання з нижнім розподілом і незалежною схемою приєднання:

а — тупикова (безциркуляційна); б - циркуляційна; 1 - лічильник; 2 - зворотний клапан; 3 - пристрій для нагрівання; 4 - розподільчий трубопровід; 5 - водорозбірний подавальний стояк; 6 - квартирна розводка; 7 - водорозбірні пристрої; 8 - циркуляційний стояк; 9 - циркуляційна магістраль; 10 - циркуляційний насос

За конструктивними ознаками розрізняють тупикові й циркуляційні системи гарячого водопостачання. Тупикова система складається з таких елементів (рис. 3.13, а): пристрій для нагрівання води; система подавальних трубопроводів, яку утворюють розподільчий трубопровід, водорозбірні подавальні стояки, квартирні підводки з водорозбірною арматурою. Перевагами таких систем є відносно невеликі капітальні витрати, простота виготовлення і експлуатації. Але така конструкція централізованих систем гарячого водопостачання призведе до охолодження води в трубопроводах при невеликому розборі або при його відсутності, наприклад, в нічні години, і обумовлює непродуктивні втрати води і теплоти.

Для запобігання таких втрат централізовані системи виготовляють з додатковим циркуляційним трубопроводом, невитрачена споживачами вода повертається до пристрою для нагрівання, підігрівається і знову надходить до

подавальних трубопроводів системи (рис. 3.13, б). Тим самим забезпечується необхідний рівень температури гарячої води впродовж потрібного відрізка часу. Залежно від призначення систем циркуляція води може здійснюватись або безперервно впродовж доби або періодично перед початком тривалого водорозбору (душові з періодичним водорозбором). Рух води в трубопроводах в режимі циркуляції забезпечується циркуляційним насосом.

Крім вказаних схем гарячого водопостачання з нижнім розподілом існують і системи гарячого водопостачання з верхнім розподілом [23].

3.6. Насосні станції

Технологічні схеми насосних станцій

Насосні станції у теплових мережах призначені для збільшення напору, підвищення витрат теплоносія та зміни тиску в трубопроводах теплової мережі. Насосні станції підвищують тиск у подавальному трубопроводі й знижують у зворотному.

Принципові схеми насосних станцій наведені на рис. 3.14.

Підбір насосів

Сумарна подача робочих насосів G_H визначається за формулою

$$G_H = G_o + G_v + \alpha G_{г.в.}^{cp}, \quad (3.10)$$

де G_o – розрахункова витрата сітьової води на опалення; G_v – розрахункова витрата сітьової води на вентиляцію; $G_{г.в.}^{cp}$ – середньогодинна витрата сітьової води на гаряче водопостачання; α – коефіцієнт, який приймається залежно від системи (закрита, відкрита) й виду трубопроводу (подавальний, зворотний), на якому встановлені підкачуючі насоси.

Значення коефіцієнта α приймаються:

для закритих систем теплопостачання незалежно від виду трубопроводу, на якому розташовуються підкачуючі насоси, $\alpha=1$;

для відкритих систем теплопостачання при встановленні насосів на подавальному трубопроводі $\alpha=1,2$;

для відкритих систем теплопостачання при встановленні насосів на зворотному трубопроводі $\alpha=0,6$.

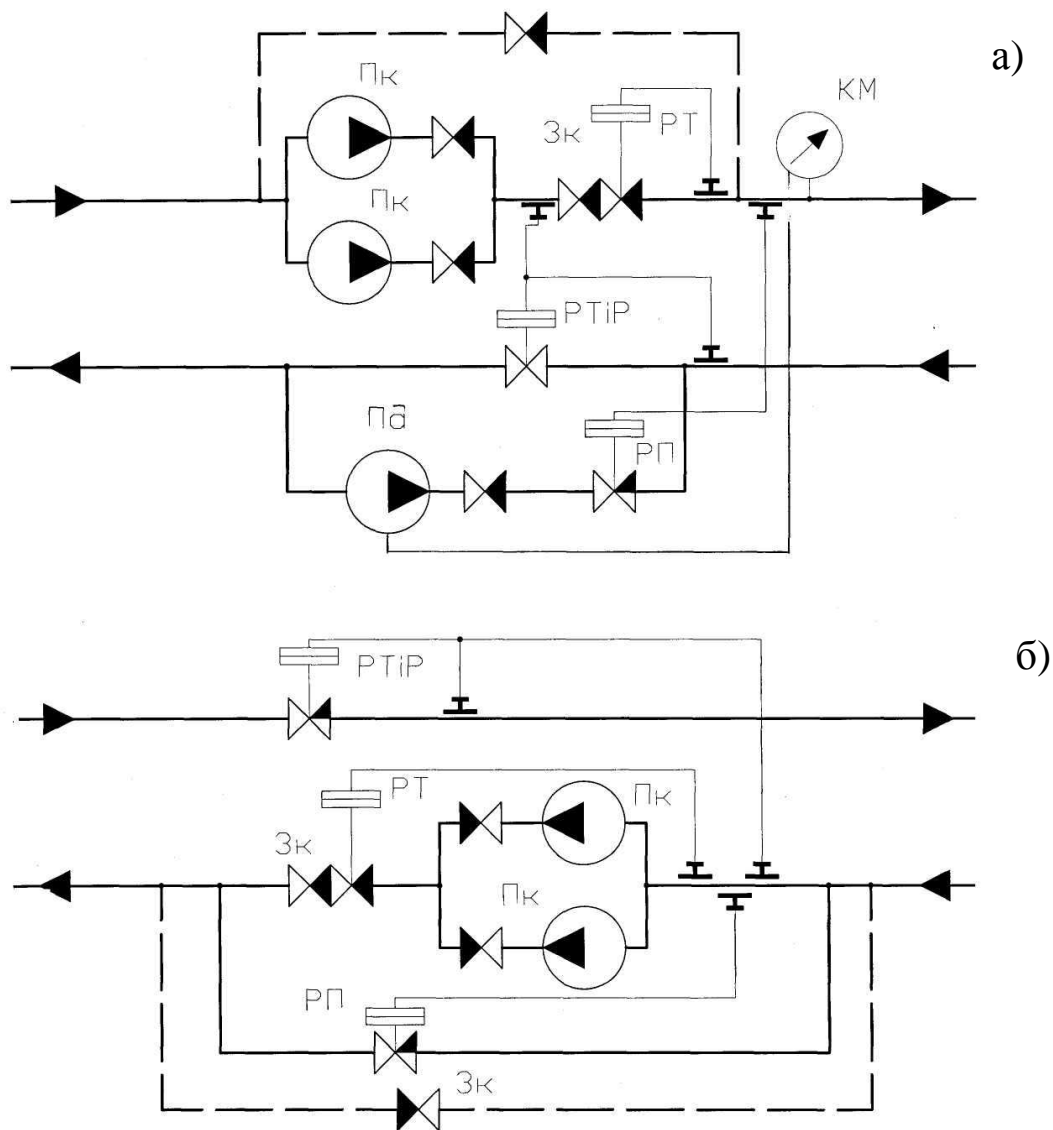


Рис. 3.14 - Принципова схема насосної станції:

а) з підкачуючими насосами на подавальній лінії; б) з підкачуючими насосами на зворотній лінії; Пк – підкачуючі насоси; Пд – підживлюючі насоси; ЗК – зворотний клапан; РТ – регулятор тиску; РТ і Р – регулятор тиску і розсічки; РП – регулятор підживлення; КМ – манометр

Сумарна подача перекачуючих насосів у літній період

$$G_H^L = \beta G_H^M, \quad (3.11)$$

де β – коефіцієнт, що характеризує зниження витрати сітьової води на гаряче водопостачання у літній період ($\beta=0,8$); G_H^M – максимально-годинна витрата води на гаряче водопостачання.

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

У разі змінного гідравлічного режиму роботи теплової мережі (наприклад, при паралельній роботі джерел теплоти) продуктивність і напір насосної станції слід визначати при заданому розрахунковому режимі й перевіряти з урахуванням конкретних умов при інших не розрахункових режимах роботи теплової мережі.

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

$$H_H = H_{nc} + \Delta H_k + \sum H_p, \quad (3.12)$$

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

Якщо точні дані відсутні, втрата напору в комунікаціях може бути прийнята рівною 10-15 м, втрата напору в повністю відкритому регуляторі типу РК – 5-10 м.

Мінімальне число робочих підкачуючих насосів у насосних станціях приймається рівним двом. Незалежно від числа робочих насосів у насосних станціях повинно бути передбачено встановлення одного резервного насоса.

Улаштування і обладнання насосних станцій

У будівлі насосної станції передбачаються: машинна зала, в якій розташовують насосні агрегати; приміщення розподільчих пристроїв; щитове приміщення; трансформаторні камери; майстерня для проведення дрібного ремонту; приміщення для експлуатаційного персоналу; санітарний вузол. При компоновці будівлі слід враховувати можливість розширення машинної зали. Приміщення розподільчих пристроїв, щитове приміщення, трансформаторні камери розташовують з одного торця машинної зали.

Відстань від насосної станції і громадських будівель приймають з урахуванням норм припустимого рівня шуму в житловій забудові.

Окремі насоси з арматурою і вимірювальними приладами, встановленими на їх напірних і всмоктуючих патрубках, повинні відключатись від колектора засувками. У підкачуючих насосних станціях залежно від режиму роботи мережі на трубопроводах подавальної і зворотної сітьової води можуть бути встановлені регулятор тиску, регулятор розсікання, зворотний і скидальний клапани. Зворотні клапани, а також регулювальні клапани та інші прилади, в яких відбуваються втрати тиску, встановлюють на напірних трубопроводах насосів. Їх не рекомендується розташовувати на всмоктуючих лініях насосів для запобігання кавітації.

До складу обладнання насосних станцій входять: насосні агрегати, труби, арматура, контрольно-вимірювальні прилади й засоби автоматизації та ін. [22].

3.7. Теплові мережі

Призначення і методи прокладки теплових мереж

Теплові мережі призначені для транспортування тепла споживачам з метою забезпечення комунально-побутових потреб (опалення, вентиляція, гаряче водопостачання) і технологічних потреб.

Теплові мережі можуть бути кільцевими і тупиковими.

Методи прокладання теплових мереж: 1 - роздільний, 2 – суміщений.

Розподільні теплові мережі ТО(2) прокладають по вулицях міста від джерела до інженерних споруд: при роздільному методі прокладки - під тротуаром; при суміщеному методі прокладки в міському колекторі разом з В1, W1, V0 також під тротуаром (рис. 3.15; 3.16; 3.17).

Розвідні теплові мережі ТО(4) виходять із ЦТП до будинків мікрорайону при роздільному методі прокладки в непрохідних каналах, розташованих у землі, як правило, з боку дворових фасадів, на відстані не менше 2 м від фундаментів будинку, а при безканалній прокладці на відстані не менше 5 м. При суміщеному методі прокладки теплові мережі розміщують у прохідному каналі (мікрорайонному колекторі) під мікрорайонними проїздами або в технічних підпіллях будинків і "зчіпках" між ними.

Ввід ТО(4) і відгалуження при транзитному методі прокладки по технічних підпіллях закінчуються індивідуальним тепловим пунктом (ІТП), в якому відбувається зниження температури теплоносія від 150° до $95-105^{\circ}\text{C}$, використовуюваного для опалення будинку. ІТП розміщують в технічних підпіллях будинку. Можлива установка одного ІТП на кілька секцій будинку або одного на весь будинок.

При роздільному методі прокладки в місцях відгалужень мережі до будинків установлюють теплові камери із запірною арматурою і КІП.

При відсутності централізованого теплопостачання для приготування теплоносія застосовують місцеві котельні, наприклад, на даху, а також індивідуальні електричні й газові підігрівачі.

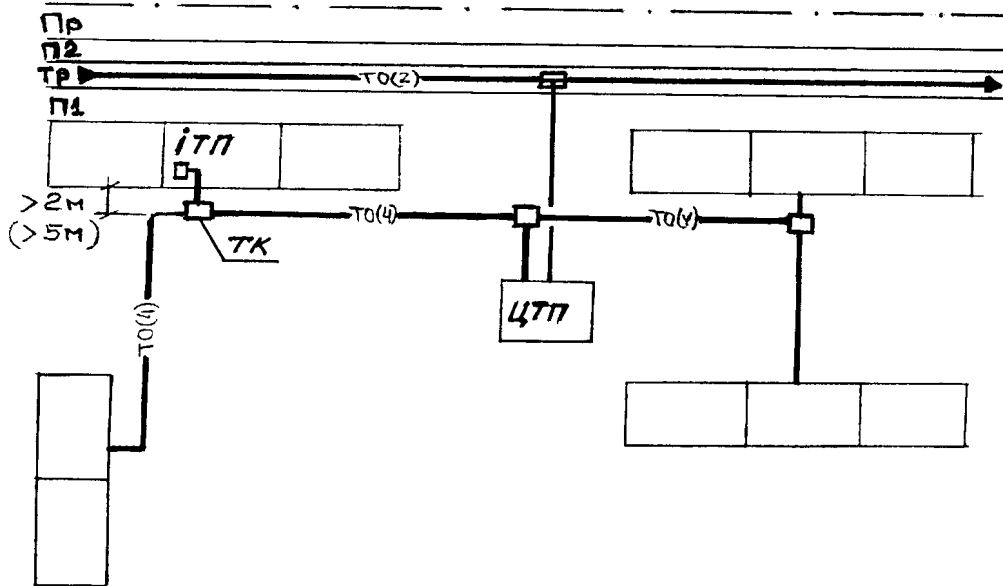


Рис. 3.15 – Роздільний метод прокладки теплових мереж

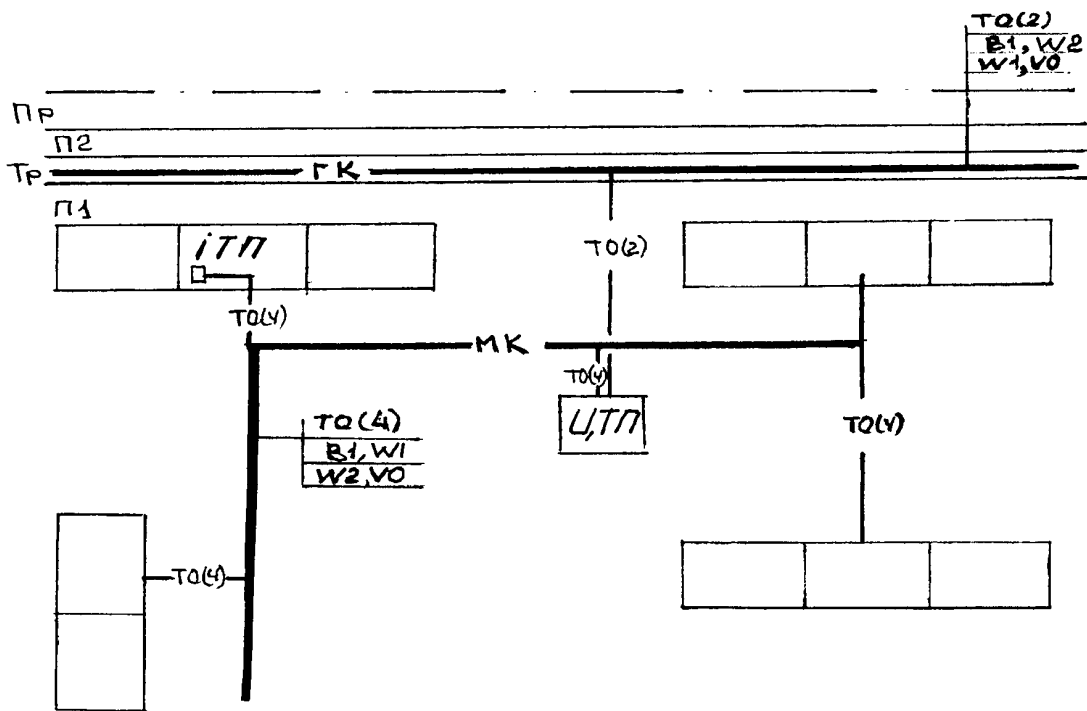


Рис. 3.16 – Суміщений метод прокладки теплових мереж
Рс - ГР, Рз - МК

З метою економії енергії в системах гарячого водопостачання й опалення для індивідуальних житлових будинків, розташованих в умовах жаркого клімату, найбільш прийнятним є використання сонячної енергії.

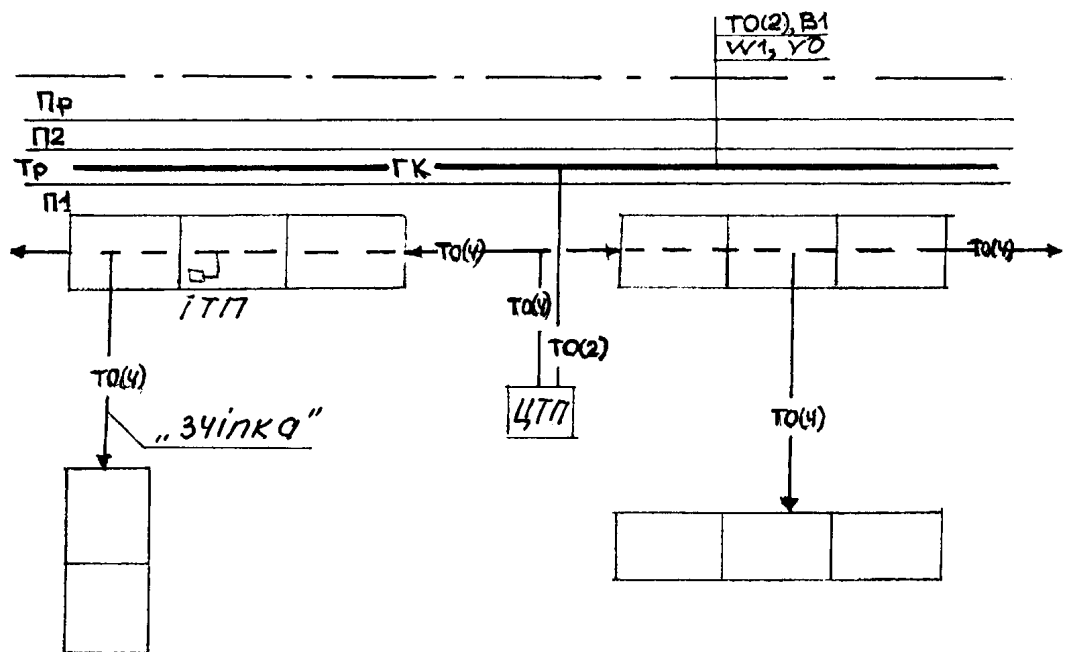


Рис. 3.17 – Суміщений метод прокладки теплових мереж
Рс - ГК, Рз - технічні підпілля і "зчіпки"

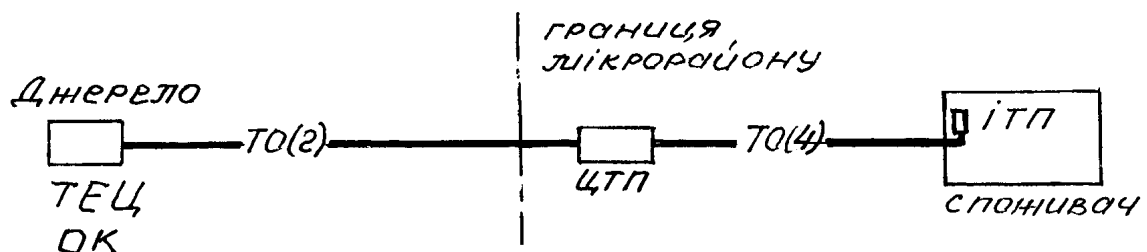


Рис. 3.18 – Схема теплофікації

Гідравлічний розрахунок теплових мереж

Основним завданням гідравлічного розрахунку теплових мереж є визначення діаметрів теплопроводів і гідравлічних втрат тиску в них при вибраному діаметрі за даною витратою теплоносія. У результаті гідравлічного розрахунку теплових мереж, користуючись графіком п'єзометричних тисків, можна розв'язати такі завдання: визначити наявний напір у кожній точці теплової мережі; вибрати схеми приєднання споживачів до теплових мереж; визначити витрату труб та обсяг робіт на спорудженні теплових мереж;

відрегулювати режим мережі для заданого розподілу теплоти, що відпускається з джерела, між усіма споживачами мережі.

Для гідравлічного розрахунку теплових мереж треба мати схему з визначенням усіх елементів арматури, компенсаторів, фасонних частин і значенням довжини всіх ділянок мережі й розрахункові витрати теплоти по споживачах.

Під час руху теплоносія по трубопроводах виникають втрати тиску по довжині внаслідок тертя між частинками теплоносія і внутрішніми поверхнями труб, а також місцеві опори, що виникають у фасонних частинах трубопроводу.

Сумарні втрати тиску в теплопроводах визначають за виразом, Па

$$\Delta P = \Delta P_{\text{л}} + \Delta P_{\text{м}} \quad (3.13)$$

де $\Delta P_{\text{л}}$ - сумарні втрати тиску на подолання сил тертя або лінійні втрати тиску, Па:

$$\Delta P_{\text{л}} = R \cdot l_{\phi} \quad (3.14)$$

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

$\Delta P_{\text{м}}$ - місцеві опори, що виникають у фасонних частинах і в арматурі теплопроводів, для водяних мереж орієнтовно знаходять за формулою, Па

$$\Delta P_{\text{м}} = 0,35 \cdot \Delta P_{\text{л}} = 0,35 \cdot (R \cdot l_{\phi}) \quad (3.15)$$

Питомі втрати тиску на тертя встановлюють на підставі техніко-економічного аналізу /за наявним напором/ або задають на підставі дослідних даних. Для водяних систем теплопостачання, якщо невідомий наявний напір, середніми питомими втратами тиску задаються на підставі дослідних даних у межах $R_{\text{сер}} =$

50...80 Па на І м трубопроводу, причому менше значення приймають для труб діаметром 400. - ,500 мм, а більше - для 50...100 мм.

Розрахункову витрату теплоносія на окремих ділянках знаходять як суму витрат споживачів, кг/год:

$$G_{\partial} = G_{0\max} + G_{v\max} + K_3 \cdot G_{1h\max}, \quad (3.16)$$

де

$$G_{0\max} = \frac{3,6 \cdot Q'_{0\max}}{c \cdot (\tau_1 - \tau_2)}; \quad (3.17)$$

$$G_{v\max} = \frac{3,6 \cdot Q'_{v\max}}{c \cdot (\tau_1 - \tau_2)}; \quad (3.18)$$

$$G_{1h\max} = \frac{3,6 \cdot Q'_{h\max}}{c \cdot (t_h - t_c)}. \quad (3.19)$$

Тут $Q'_{0\max}$ - максимальний тепловий потік на опалення житлових і громадських будівель, Вт; $Q'_{v\max}$ - максимальний тепловий потік на вентиляцію громадських будівель, Вт; $Q'_{h\max}$ - максимальний тепловий потік на гаряче водопостачання житлових і громадських будівель, Вт; c - питома теплоємність води, $c = 4,187$ кДж/(кг °С); τ_1 - температура води в подавальному трубопроводі, $\tau_1 = 150^\circ\text{C}$, τ_2 - те саме у зворотному трубопроводі, $\tau_2 = 70^\circ\text{C}$, t_h - температура гарячої води, $t_h = +55^\circ\text{C}$, t_c - температура холодної води, $t_c = +5^\circ\text{C}$, K_3 - коефіцієнт облічення, частки середньої витрати води на гаряче водопостачання при регулюванні при навантаженні опалення /див. табл. 2, СНиП 2.04.07-86/ .

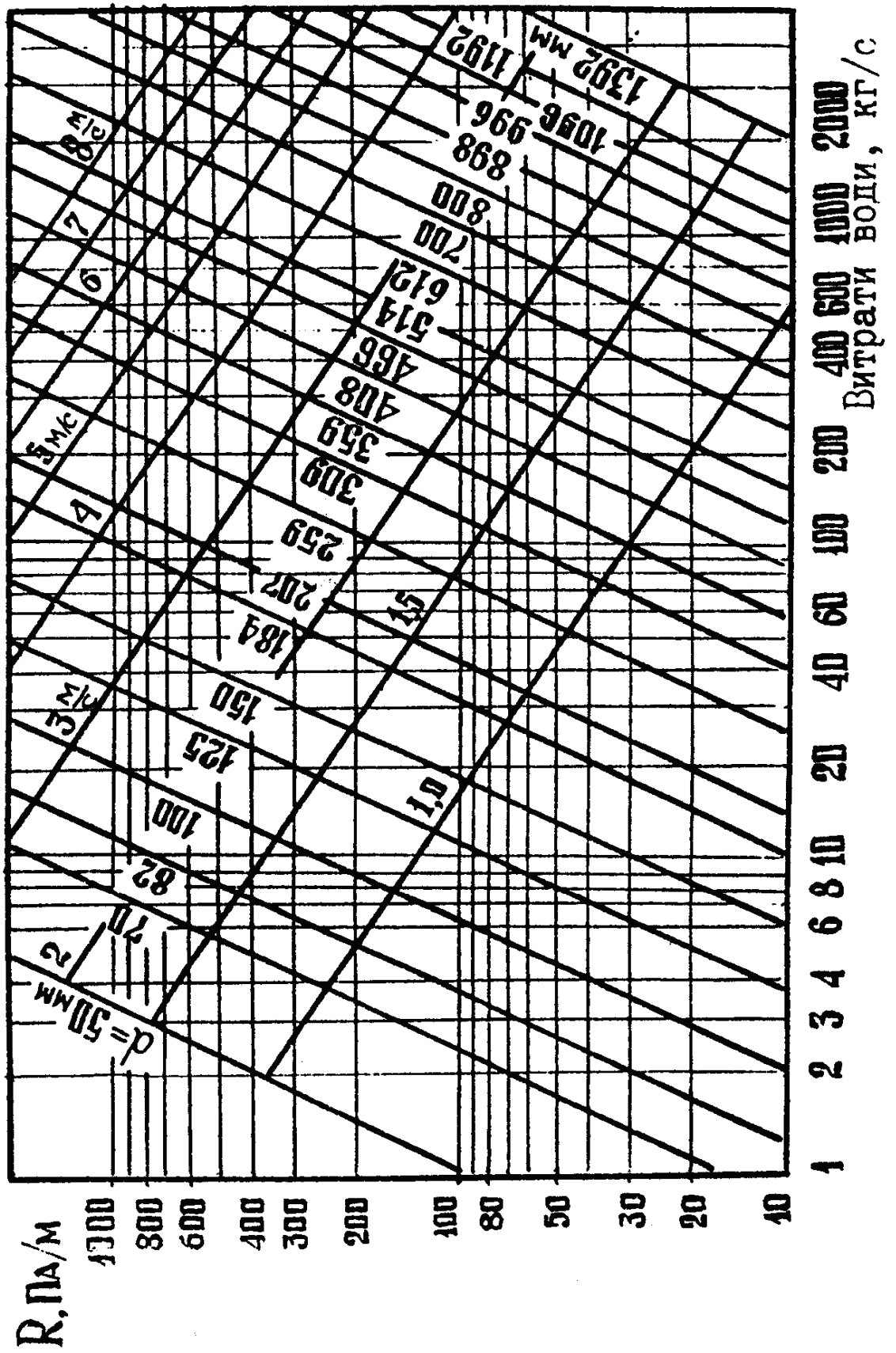


Рис. 3.19 - Номограма до гідравлічного розрахунку теплових мереж

Задаючись питомими втратами тиску на тертя $R_{сер}$ на ділянках і знаючи розрахункові витрати теплоносія на цих ділянках G , за номограмами (рис. 3.19) визначають діаметр трубопроводів і уточнюють фактичну питому втрату тиску на тертя $R_{сер}$ при даних витраті теплоти й діаметрі. Ключ для користування номограмою наведено на рис. 3.20. Визначивши питомі втрати тиску за номограмою, підраховують сумарні втрати його на ділянках.

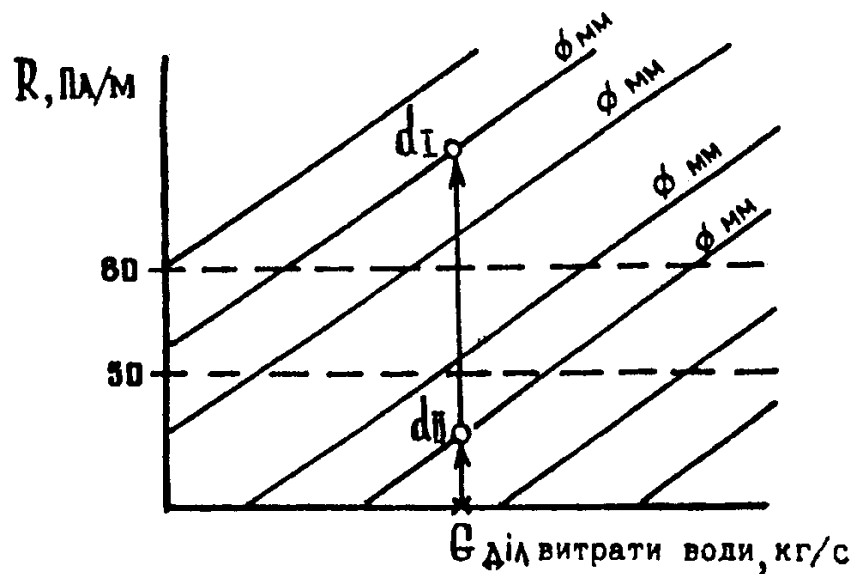


Рис. 3.20 – Ключ до користування номограмою

Основні елементи міських теплових мереж

До основних елементів міських теплових мереж належать трубопроводи, компенсатори, рухомі й нерухомі опори, теплова ізоляція.

Труби є найбільш важливим елементом і повинні відповідати наступним вимогам: достатня міцність і герметичність при максимальних значеннях тиску і температури теплоносія; низький коефіцієнт температурних деформацій, що забезпечує невеликі теплові подовження при перемінному температурному режимі теплових мереж; мала шорсткість внутрішньої поверхні, що забезпечує невисокі втрати тиску теплоносія через його тертя об стінки труби; антикорозійна стійкість; простота монтажу тощо.

Для теплових мереж використовують безшовні (діаметр 32-426 мм) й електрозварні (діаметр більше 425 мм) труби із сталі марки Ст2сп, Ст3сп, 15ГС, 16ГС. Такі труби не в повній мірі задовольняють діючим вимогам, але їх

механічні властивості, простота, надійність і герметичність зварних з'єднань визначили їх переважне застосування в теплових мережах.

Опори, призначені для сприйняття вагового навантаження, можуть бути двох типів: рухомі й нерухомі. Нерухомі опори призначені для закріплення трубопроводу в характерних точках мережі (місця відгалужень, встановлення арматури, тощо) і сприймає зусилля, що виникають у місці фіксації як у радіальному, так і осьовому напрямках під дією ваги, температурних деформацій і внутрішнього тиску. Рухомі опори сприймають вагу теплопроводу і забезпечують його вільне пересування при температурних деформаціях. Відстань між опорами визначають з умови міцності й припустимого прогину трубопроводу для найбільш несприятливих режимів роботи, при яких у самому послабленому перерізі (як правило, зварні стики) напруга не повинна перевищувати припустиме значення. Приклади опорних конструкцій наведені на рис. 3.21.

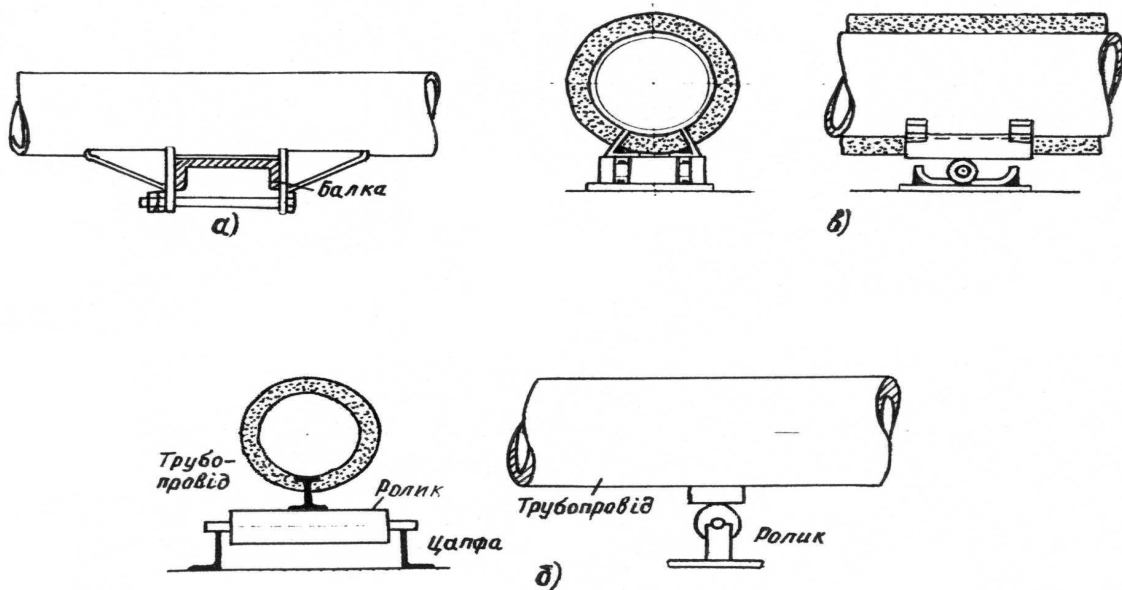


Рис. 3.21 - Приклади опорних конструкцій:
 а – нерухома опора; б – рухома опора; в – рухома каткова опора

Компенсатори. Теплові подовження трубопроводів при температурі теплоносія від 50°C та більше повинні сприйматися спеціальними компенсуючими пристроями, що оберігають трубопровід від виникнення

неприпустимих деформацій і напруги. Величина теплового подовження Δl ділянки теплопроводу довжиною l залежить від коефіцієнта лінійного розширення матеріалу трубопроводу α і різниці максимальної t_1 і мінімальної t_2 температур стінки труби за формулою

$$\Delta l = \alpha l (t_1 - t_2). \quad (3.20)$$

Як розрахункову величину при виборі t_1 приймають максимальну температуру теплоносія, при виборі t_2 - температуру зовнішнього повітря для розрахунків опалення.

За принципом дії компенсатори розподіляють на дві групи:

- 1) гнучкі, або радіальні, що сприймають подовження трубопроводу вигином або крученням криволінійних ділянок труб;
- 2) осьові, в яких подовження сприймається телескопічним пересуванням труб або стисканням пружких вставок.

Найбільшого застосування в практиці набули гнучкі компенсатори різної конфігурації, виготовлені із самого трубопроводу і засновані на реалізації принципу вільної компенсації (П - подібні, Z - подібні, ліроподібні тощо). Компенсація лінійних подовжень забезпечується пересуванням плечей конструкції компенсатора (рис. 3.22). Простота будови, експлуатації, надійність, розвантаження нерухомих опор - переваги таких компенсаторів. До недоліків можна віднести підвищений гідравлічний опір, великі габарити, які ускладнюють їх використання при високій щільності підземних інженерних комунікацій. Розрахунки ділянок теплопроводів на компенсацію теплових подовжень при гнучких компенсаторах і самокомпенсації можна проводити, наприклад, відповідно [11].

Осьові компенсатори бувають двох типів: сальникові (рис. 3.22, в) й лінзові (рис. 3.22, б). Перші застосовують при величині тиску до 1,6-2,0 МПа. Лінійні подовження трубопроводу призводять до пересування стакана

всередині корпуса. Герметичність конструкції забезпечується сальниковим ущільненням, виготовленим з азбестового шнура, графіту і мастила. Витирання і пересихання ущільнення і, як результат, втрата герметичності є головним недоліком компенсаторів даного виду.

Лінзові компенсатори збирають зварюванням з виготовлених штампуванням напівлінз. Кількість лінз визначає компенсуючу здатність (компенсуюча здатність однієї лінзи дорівнює приблизно 5-6 мм). Такі компенсатори знаходять основне використання на трубопроводах низького тиску (до 0,4-0,5 МПа).

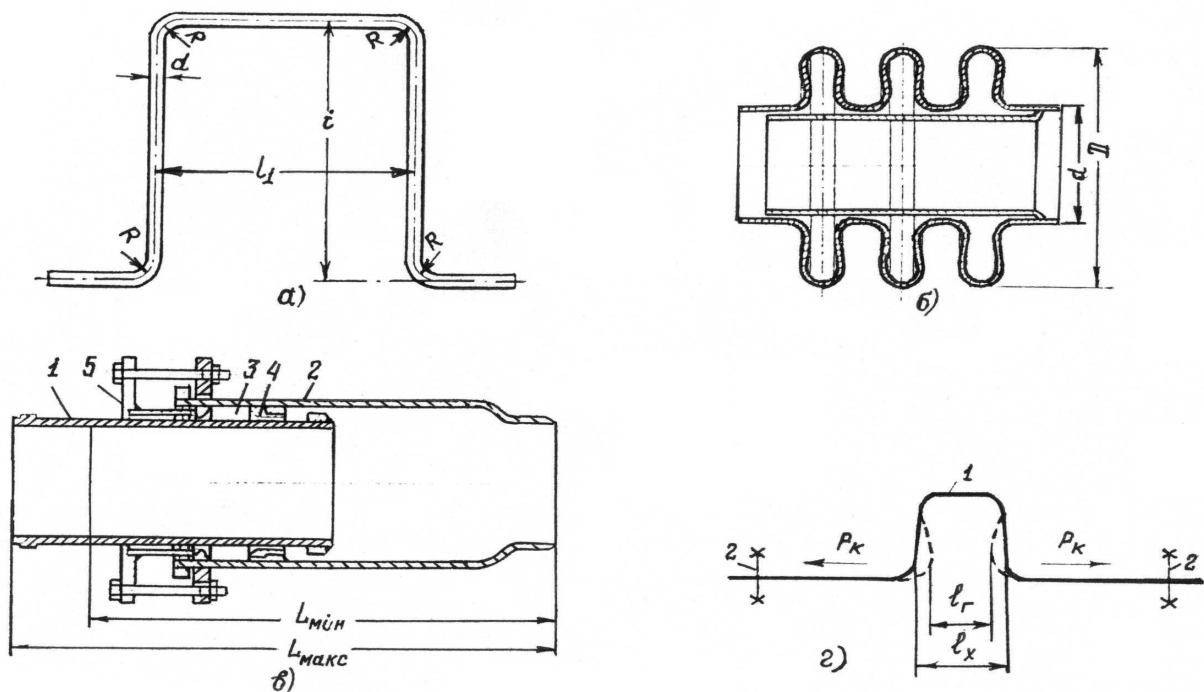


Рис. 3.22 - Приклади компенсаторів:

а – П-подібний; б – лінзовий; в – сальниковий: 1 – стакан, 2 – корпус, 3 – сальникове ущільнення, 4 – буква; г – схема роботи П-подібного компенсатора.

Теплову ізоляцію наносять на теплопровід для зменшення втрат теплоти в оточуюче середовище. Конструкція теплоізоляції може складатись: як з одного шару, так і з декількох. В останньому випадку крім основного теплоізоляційного шару, виготовленого з матеріалів з низьким коефіцієнтом теплопровідності (мінеральна вата, скловата, азбест, пінополіуретан, пінополістирол, тощо), конструкція містить гідроізоляцію, шар, що оберігає основний шар від механічних пошкоджень. Приклади теплоізоляції труб

показані на рис. 3.23. Крім труб, теплоізолюються також фланці й арматура. У місцях, де потрібен контроль і періодичний доступ для ремонтів тощо, ізоляцію виконують із зйомних елементів.

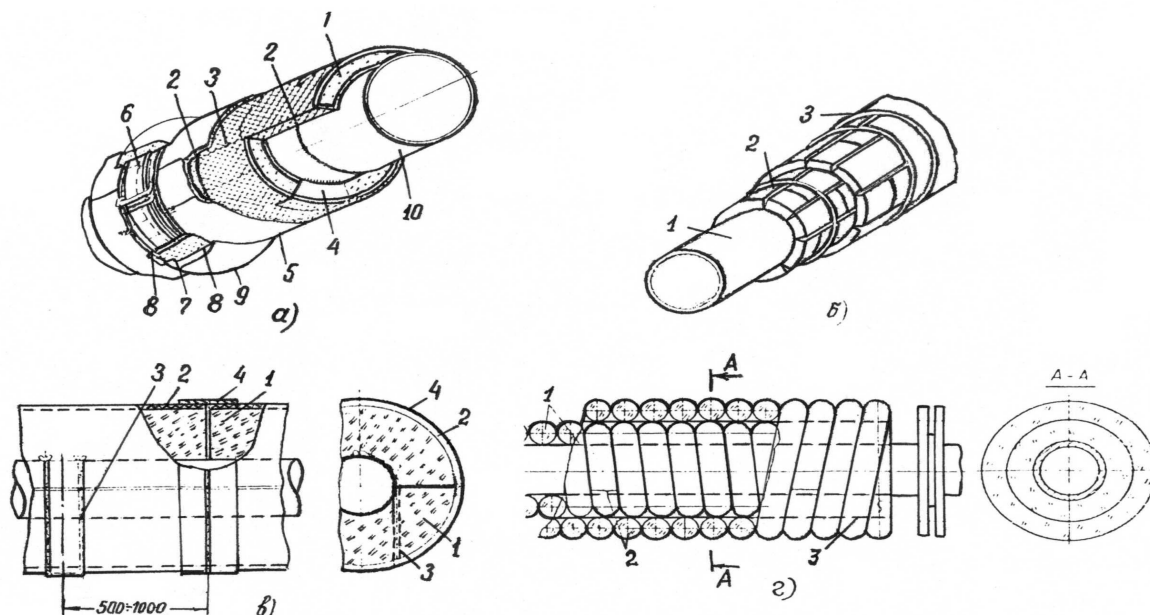


Рис. 3.23 - Приклади теплоізоляції труб:

а – ізоляція мінераловатними скорлупами: 1 – скорлупи; 2 – стяжні кільця; 3 – зшивка стиків оболонок; 4 – сталева опора; 5 – захисне покриття з азбестоцементних скорлуп; 6 – бандаж; 7 – сітка; 8 – кільце; 9 – азбестоцементна штукатурка; 10 – труба; в – двошарова сегментна теплоізоляція: 1 – труба, 2 – ізоляційні сегменти, 3 – азбестоцементна кірка, 4 – стяжні кільця; б – схема теплоізоляції трубопровода при надземному прокладанні: 1 – основний теплоізоляційний шар, 2 – захисне покриття з азбестоцементних скорлуп, 3 – підвіска, 4 – сталевий бандаж; г – ізоляція теплоізоляційними шнурами: 1 – шнур, 2 – зшивка, 3 – кільце.

Теплоізоляційні матеріали класифікують за такими ознаками: величина коефіцієнта теплопровідності, вид вихідної сировини, об'ємна маса, жорсткість (відносна деформація стиснення). За видом вихідної сировини матеріали розподіляють на неорганічні і органічні. За величиною коефіцієнта теплопровідності матеріали і вироби розподіляють на три класи: низької (до 0,06 Вт/м °С), середньої (0,06-0,115 Вт/м°С), підвищеної (0,115-0,175 Вт/м°С) теплопровідності. Розрізняють також матеріали особливо низької об'ємної маси

(15-75 кг/м³), низької (100-175 кг/м³), середньої (200-350 кг/м³) і щільні (до 600 кг/м³). За жорсткістю матеріали розподіляють на м'які, напівжорсткі, жорсткі, підвищеної жорсткості і тверді.

Азбест хризолітовий є продуктом збагачення азбестових руд, що містять мінерал хризол-азбест. Використовується для виготовлення теплоізоляційних виробів і як засипка. Залежно від об'ємної маси коефіцієнт теплопровідності змінюється в межах 0,093-0,27 Вт/м⁰С. Із азбесту виготовляють азбестовий папір, картон, дроти.

Мінеральну вату отримують із силікатного розплаву гірських порід і металургійних шлаків або їх суміші. Вона характеризується температуростійкістю до 700⁰С і коефіцієнтом теплопровідності $\lambda=0,045$ Вт/м⁰С (при температурі 25⁰С), $\lambda=0,064$ Вт/м⁰С (при температурі 125⁰С). Із мінеральної вати виробляють мати товщиною 40-120 мм, довжиною 1000-2500 мм і шириною 500-2500 мм. Мінераловатні мати мають коефіцієнт теплопровідності 0,044-0,049 Вт/м⁰С. Із мінеральної вати з додаванням зв'язуючих виготовляють циліндри і напівциліндри товщиною 40, 50, 80 мм, плити, мінераловатний дріт. Розміри плит і деякі технічні характеристики плит з мінеральної вати наведені відповідно в табл. 3.21, 3.22.

Таблиця 3.21 - Розміри плит, мм

Марка	Довжина	Ширина	Товщина (з інтервалом 10 мм)
50, 75	1000	500; 1000	60 - 100
125	1000	500; 1000	50 - 80
175	1000	500; 1000	40 - 70
200	1000	500; 1000	40 - 60
300	900;1000;1200	450; 600; 900; 1000	20 - 40

Таблиця 3.22 - Характеристики мінераловатних плит

Показник	Величина для марок					
	50	75	125	175	200	300
Об'ємна вага, кг/м ³	35-50	50-75	75-125	125-175	175-200	200-300
Теплопровідність, Вт/м ^{°С} , при температурі 25 ^{°С} для плит						
- вищої категорії	0,044	0,044	0,047	0,05	0,053	0,058
- першої категорії	0,047	0,047	0,049	0,052	0,056	0,06
Теплопровідність, Вт/м ^{°С} , при температурі 125 ^{°С} для плит						
- вищої категорії	0,074	0,074	0,07	0,067	-	-
- першої категорії	0,077	0,077	0,072	0 07		
Вологість, %, не більше	1,5-3	2-3	2,5-4	3,5-5	5-7	6-8
Водопоглинання, %, не більше	-	-	-	-	30	20
Міцність при стисненні при 10% деформації, МПа, не менше	-	-	-	-	0,04	0,12

Вироби із скловати використовують для теплоізоляції трубопроводів, огорожуючих конструкцій будівель, обладнання тощо. Коефіцієнт теплопровідності виробів залежно від об'ємної маси, технології виготовлення та інших факторів змінюється в межах 0,047-0,057 Вт/м^{°С}. З скловати виробляють плити, мати, скловолокно, полоси. Прошивні мати (табл. 3.23) виготовляють прямокутної форми довжиною 500-3000 мм, шириною 200-500 мм.

Таблиця 3.23 - Технічні характеристики прошивних матів

Показник	Категорія виробів	
	Вища	Перша
Об'ємна вага, кг/м ³ , не більше	45	50
Теплопровідність при середній температурі 25-50 ^{°С} , Вт/м ^{°С}	0,044	0,044
Вологість, %, не більше	3	5

З пінополістірола, який є синтетичним органічним матеріалом виготовляють плити довжиною до 2000 мм, шириною 500-1200 мм, товщиною 25, 33, 50, 100 мм. Пінополістирол марки ПСБ-С для ізоляції трубопроводів може випускатись у вигляді шаркулуп довжиною 1 м, товщиною 40-50 мм і внутрішнім діаметром 65-385 мм. Вироби характеризуються коефіцієнтом теплопровідності 0,038-0,058 Вт/м^{°C} (при температурі 25^{°C}), об'ємною вагою 50-400 кг/м³.

Пінополіуретан отримують в результаті складних хімічних реакцій, що протікають при змішуванні полієфірів і ізоціанатів у присутності каталізаторів, емульгаторів, піноутворюючих агентів. Для теплоізоляції застосовують пінополіуретани у вигляді плит, блоків, фасонних виробів.

Найвищу ефективність з точки зору економії паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР) і збільшення терміну експлуатації теплових мереж забезпечує застосування теплоізоляційних матеріалів з покращеними характеристиками і технології попередньо ізолюваних в заводських умовах трубопроводів

Попередньо ізолювана в заводських умовах конструкція згідно з ГОСТ34-204-88-002-98 (рис. 3.24) складається з внутрішньої провідної сталеві труби, зовнішньої захисної оболонки з поліетиленової труби і розміщеної між ними пінополіуретанової теплоізоляції. У верхній частині теплоізоляційного шару розміщені два провідники системи теплоконтролю герметичності теплопроводів (аварійної сигналізації). Провідниками аварійної сигналізації є мідні дроти з площею перерізу 1,5 мм. Для забезпечення адгезії поліуретанової піни зовнішня поверхня сталеві труби і внутрішня поверхня поліетиленові труби спеціально обробляють. Для теплових мереж використовують безшовні (ГОСТ 8731), електрозварні (ГОСТ 10706) і електрозварні прямошовні (ГОСТ 20295) труби. Для зовнішніх мереж гарячого водопостачання застосовують водогазопровідні оцинковані (ГОСТ 3262) труби. Коефіцієнт теплопровідності пінополіуретанові ізоляції $\lambda < 0,035$ Вт/(м.°C), поліетиленові труби $\lambda = 0,43$ Вт/(м.°C).

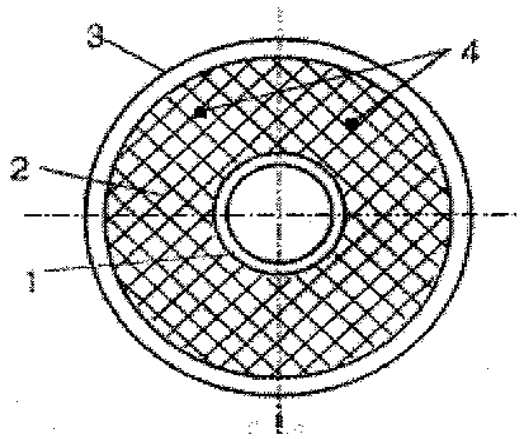


Рис. 3.24 - Конструкція попередньоізольованого теплопроводу:
 1 — провідна сталевая труба; 2 — пінополіуретанова теплоізоляція; 3 — зовнішня захисна поліетиленова труба; 4 — дріт сигналізаційний

Попередньо ізольовані труби застосовують для транспортування теплоносія з наступними робочими параметрами:

- максимальна робоча температура довготривала, $t_{\max Д} = 140 \text{ }^\circ\text{C}$;
- максимально допустима (протягом 10 діб на рік) температура короткотривала, $t_{\max К} = 150 \text{ }^\circ\text{C}$;
- умовний тиск, $P_y = 16 \text{ МПа}$.

Розміри труб представлені в табл. 3.24.

Таблиця 3.24 – Ціни попередньо ізольованих труб в грн. з ПДВ станом на 01.08.2006

Розмір	Труба попередньо теплоізольована, сталевая, емальована зсередини, в ПЕ оболонці
57/125	113,34
60/125	93,98
76/140	128,73
89/160	154,69
108/200	211,10
133/225	285,89
159/250	345,29
219/315	577,96
273/400	871,48

Впровадження у практику будівництва трубопроводів теплових мереж у поліуретановій оболонці типу “труба в трубі”, виготовлених в заводських умовах, забезпечує:

- підвищення терміну безаварійної експлуатації мереж у 2-3 рази;
- зниження теплових втрат через ізоляцію в середньому у 3 рази;
- зниження експлуатаційних витрат у 9 разів;
- зниження витрат на ремонт у 3 рази;
- зниження капітальних затрат у будівництві в 1,3 рази.

Прокладка теплових мереж. Для теплових мереж використовують такі основні способи прокладки:

підземна прокладка - безканальна, в непрохідних каналах, в напівпрохідних каналах, в прохідних каналах, в загальних колекторах разом з іншими інженерними комунікаціями (приклади підземної прокладки наведені на рис. 3.25);

надземна прокладка - на естакадах або на висотних опорах; на низьких опорах, по стінах зовні або всередині споруди.

Для житлових районів міст, виходячи з архітектурних міркувань, застосовують підземні методи прокладки теплових мереж. Надземні в житлових районах використовують як виняток в особливо важких ґрунтових умовах.

У напівпрохідних і прохідних каналах теплопроводи прокладають з іншими комунікаціями. Канали збирають із залізобетонних елементів, виготовлених на спеціальних підприємствах. Напівпрохідні канали використовують в місцях перетину залізниць і автострад. Трубопроводи, прокладені в таких каналах можна оглядати й ремонтувати без порушення покриття доріг. В прохідних каналах забезпечується постійний доступ обслуговуючого персоналу до інженерних комунікацій для контролю і ремонту. У вуличних і внутрішньо кварталних колекторах, крім теплопроводів,

припустиме розміщення кабелів зв'язку і силових кабелів.

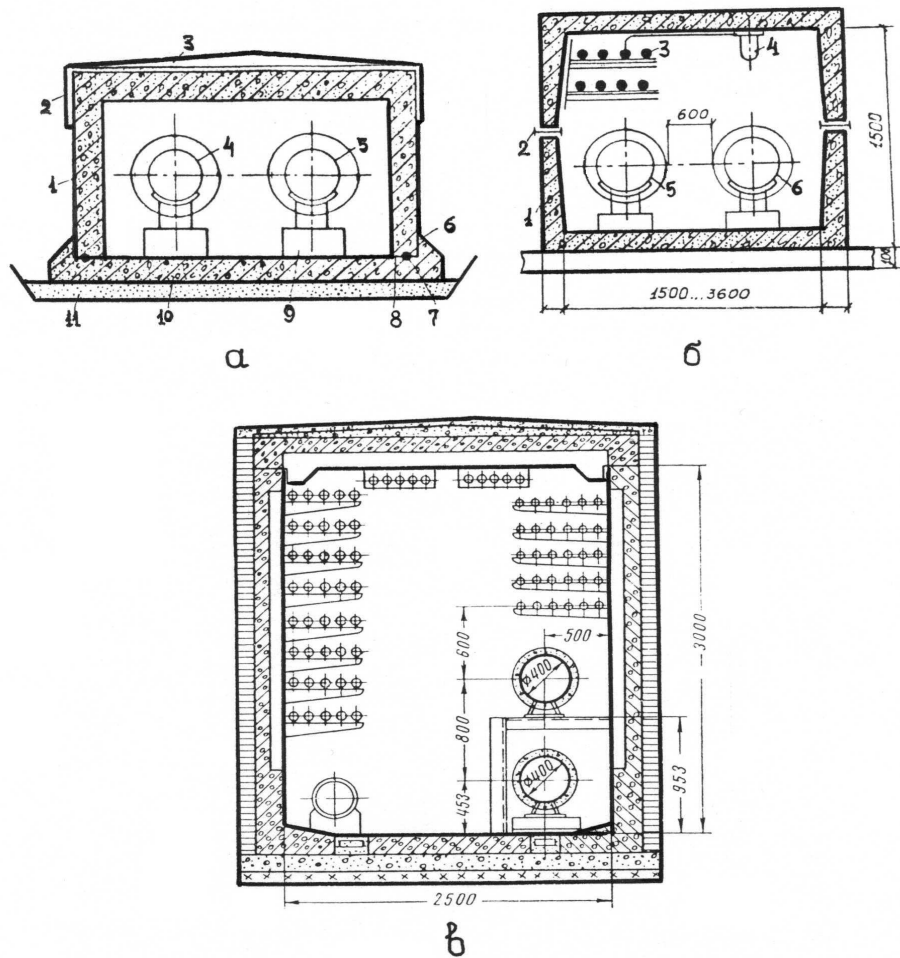


Рис. 3.25 - Підземне прокладання теплопроводів:

а – у непрохідних каналах: 1 – залізобетонна секція, 2 – гідроізоляція, 3 – захисна стяжка з цементного розчину; 4, 5 – подавальний і зворотний трубопроводи; 6 – бетон; 7 пароніт; 8 – ізольна мастика; 9 – опорна подушка; 10 – плита; 11 – піщана підготовка або бетон марки 50; б – у напівпрохідних каналах: 1 – залізобетонний лотковий елемент; 2 – двотавр; 3 – низьковольтні кабелі; 4 – світильник; 5, 6 – подавальний і зворотний трубопроводи теплової мережі; в – прокладання теплових мереж в загальному колекторі з іншими міськими інженерними системами.

Для обслуговування арматури, що встановлена на трубопроводах, на теплотрасі роблять теплові камери. Їх монтують із стінових залізобетонних блоків і плит перекриття. Розміри камери визначаються діаметрами теплопроводів. Для розміщення вільних компенсаторів в каналах і при безканалній прокладці трубопроводів передбачають розширення, які називаються нішами.

Приклади розрахунків

Приклад 3.1. Порівняти варіанти виконання теплової мережі, по якій здійснюється тепlopостачання міста (розрахункова схема наведена на рис. 3.26). Для першого варіанта вибір діаметрів головної магістралі теплотраси здійснювати при умові, щоб питомі втрати тиску на ділянках не перевищували $i \leq 5$ мм вод.ст./м, для другого $5 < i < 8$ мм вод.ст./м, для третього $i > 10$ мм вод.ст./м. Питому вартість встановленої потужності сітєвих насосів прийняти рівною $S_n = 20,8$ грн/кВт, вартість електроенергії $S_e = 0,15$ грн/кВт×год. Вартість спорудження ділянок теплотраси прийняти залежно від діаметрів трубопроводів згідно з табл.3.25. Розрахунки виконати при нормі житлової площі 18 м^2 на одну людину; нормі витрати гарячої води на одного споживача у житлових будинках $a = 115$ л/добу, у громадських спорудах - $b = 25$ л/добу; нормі витрати теплоти на опалення житлових будинків $q_0 = 84 \text{ Вт/м}^2$. Коефіцієнти, що враховують теплові потоки на опалення і вентиляцію громадських будинків дорівнюють $k_1 = 0,25$; $k_2 = 0,4$. Щільність забудови мікрорайонів прийняти рівною $d = 3500 \text{ м}^2/\text{га}$.

Таблиця 3.25 - Техніко економічні показники будівництва та експлуатації теплових мереж (на 1 м довжини двотрубно́ї прокладки)

Матеріал труби, ГОСТ	Діаметр, мм	Прокладка в непрохідних каналах серії ИС 01 04		Безканална прокладка з пінобетонною ізоляцією	
		K_n , грн	C_n , грн/рік	K_n , грн	C_n , грн/рік
Сталеві безшовні труби ГОСТ 8731 74	57	222,0	22,4	106,8	10,8
	83	227,6	23,2	114,0	11,6
	108	284,0	29,6	277,2	27,6
	133	311,2	32,0	288,0	28,6
	168	323,6	34,8	324,0	32,4
	229	590,4	50,8	380,8	35,2
	273	625,2	54,0	440,8	42,0
	325	658,0	60,4	505,2	43,2
Електрозварні, ГОСТ 10707 73	376	714,8	64,8	540,8	44,0
	426	922,0	68,4	641,6	50,0
	530	1057,6	79,6	739,6	59,6

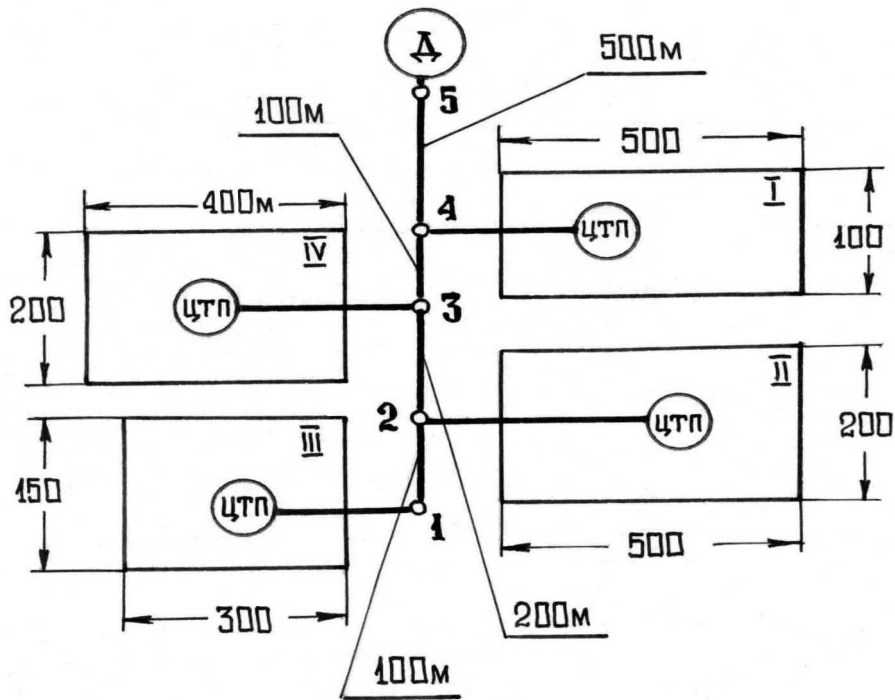


Рис. 3.26. Розрахункова схема тепlopостачання міста (до прикладу 3.1)
 I...IV номери мікрорайонів; Д- джерело тепlopостачання; ЦТП- центральний тепловий пункт

Розв'язання

1. Площа території мікрорайону №1

$$= 500 \times 100 = 50000 \text{ м}^2 = 5 \text{ га}$$

2. Житлова площа будинків мікрорайону

$$A_1 = F_1 d = 5 \times 3500 = 17500 \text{ м}^2$$

3. Тепловий потік на опалення будівель першого мікрорайону

$$Q_{o,\max} = q_0 A_1 (1 + K_1) = 84 \times 17500 (1 + 0,25) = 1,84 \times 10^6 \text{ Вт}$$

4. Тепловий потік на вентиляцію будівель

$$Q_{в,\max} = q_0 A_1 K_1 K_2 = 84 \times 17500 \times 0,25 \times 0,4 = 0,147 \times 10^6 \text{ Вт}$$

5. Кількість мешканців першого мікрорайону

$$m_1 = A_1 / 18 = 17500 / 18 = 972$$

6. Тепловий потік для потреб гарячого водопостачання

$$Q_{h,\max} = \frac{2,4m(a+b)(t_z - t_x)c}{24 \times 3600} = \frac{2,4 \times 972(115 + 25)(55 - 5)4187}{24 \times 3600} = 0,79 \times 10^6$$

Вт

$t_2 = 55^\circ\text{C}$ - температура гарячої води; $t_x = 5^\circ\text{C}$ - температура холодної води; $c = 4187 \text{ Дж/кг}\times^\circ\text{C}$ - питома теплоємність води.

7. Сумарне теплове навантаження мікрорайону

$$Q_1 = Q_{o,\max} + Q_{e,\max} + Q_{h,\max} = (1,84 + 0,147 + 0,79) \times 10^6 = 2,77 \times 10^6 \text{ Вт}$$

Аналогічно визначаємо теплове навантаження інших мікрорайонів.

Результати розрахунків наведені в табл. 3.26.

Таблиця 3.26 - Показники теплоспоживання мікрорайонів міста

№ м/р	F , га	A , м ²	$Q_{o,\max} \times 10^6$ Вт	$Q_{e,\max} \times 10^6$ Вт	m , чол.	$Q_{h,\max} \times 10^6$ Вт	$Q \times 10^6$ Вт
1	5	17500	1,84	0,147	972	0,79	2,77
2	10	35000	3,675	0,294	1944	1,58	5,55
3	8	28000	2,94	0,235	1555	1,26	4,44
4	4,5	15750	1,65	0,13	875	0,71	2,49

8. Теплове навантаження ділянок головної магістралі теплотраси.

Ділянка (1 - 2)

$$Q_{1-2} = Q_2 = 5,55 \times 10^6 \text{ Вт.}$$

Ділянка (2 - 3)

$$Q_{2-3} = Q_2 + Q_3 = (5,55 + 4,44) \times 10^6 = 9,99 \times 10^6 \text{ Вт}$$

Ділянка (3 - 4)

$$Q_{3-4} = Q_2 + Q_3 + Q_4 = (9,99 + 2,49) \times 10^6 = 12,48 \times 10^6 \text{ Вт}$$

Ділянка (4 - 5)

$$Q_{4-5} = Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_1 = (12,48 + 2,77) \times 10^6 = 15,25 \times 10^6 \text{ Вт}$$

9. Витрати сітьової води на ділянці (1-2)

$$G_{1-2} = \frac{Q_{1-2}}{c(\tau_1 - \tau_2)} = \frac{5,55 \times 10^6}{4187(150 - 70)} = 16,57 \text{ кг/с}$$

$\tau_1 = 150^\circ\text{C}$, $\tau_2 = 70^\circ\text{C}$ - температура, води в подавальному та зворотному трубопроводах теплової мережі, відповідно, $c = 4187 \text{ Дж/кг}\times^\circ\text{C}$.

10. При визначених витратах води в трубопроводі й заданих величина питомих втрат тиску для кожного з варіантів за допомогою номограм (рис. 3.19) знаходимо діаметри трубопровода і відповідні дійсні питомі втрати тиску на ділянці (1 – 2):

I варіант - $d = 200$ мм, $i_d = 1,9$ мм вод.ст./м.

II варіант - $d = 150$ мм, $i_d = 6,5$ мм вод.ст./м.

III варіант - $d = 125$ мм, $i_d = 20$ мм вод.ст./м.

11. Втрати тиску на ділянці (1 - 2):

$$H_{1-2} = i_d \times l_{1-2} (1 + K_m);$$

I варіант - $H_{1-2} = 1,9 \times 100 (1 + 0,3) = 247$ мм вод.ст.

II варіант - $H_{1-2} = 6,5 \times 100 (1 + 0,3) = 845$ мм вод.ст.

III варіант - $H_{1-2} = 20 \times 100 (1 + 0,3) = 2600$ мм вод.ст.

$K_m = 0,3$ - коефіцієнт, що враховує втрати тиску в місцевих опорах теплової мережі.

Аналогічно визначаємо діаметри і втрати тиску на інших ділянках теплотраси. Результати гідравлічного розрахунку подані в табл. 3.27.

Таблиця 3.27 - Результати гідравлічного розрахунку ділянок головної магістралі теплової мережі

№ ділянки	Теплове навантаження	Витрата води, л/с	Довжина ділянки	№ варіанта	Діаметр, мм	Втрати тиску	
						Питомі, мм/м	На Ділянці H , мм
1-2	$0,55 \times 10^6$	16,57	100	I.	200	1,9	247
				II.	150	6,5	845
				III.	125	20	2600
2-3	$9,99 \times 10^6$	29,8	200	I.	250	2,5	650
				II.	200	6,0	1560
				III.	150	18	4600
3-4	$12,48 \times 10^6$	37,3	100	I.	250	3,0	390
				II.	200	8,0	1040
				III.	150	35	4550
4-5	$15,25 \times 10^6$	45,5	500	I.	250	4,0	2600
				II.	200	15	5750
				III.	150	55	35750

12.Втрати тиску в трубопроводах головної магістралі в цілому (від точки 1 до точки 5) для варіантів

$$H_1 = \Delta H_{1-2}^1 + \Delta H_{2-3}^1 + \Delta H_{3-4}^1 + \Delta H_{4-5}^1 = 247 + 650 + 390 + 2600 = 3887 \text{ мм}$$

вод. ст.=3,89 м вод. ст.

$$\Delta H_{II} = 245 + 1560 + 1040 + 5750 = 9195 \text{ мм вод. ст.}=9,195 \text{ м вод. ст.}$$

$$\Delta H_{III} = 2600 + 4680 + 4550 + 35750 = 47580 \text{ мм вод. ст.}=47,58 \text{ м вод. ст.}$$

13.Необхідній напір сітьових насосів з урахуванням втрат тиску в подавальному і зворотному трубопроводах теплотраси

$$H = 2\Delta H + H_m$$

$H_m = 35$ м вод.ст. - необхідний напір води на вводі в мікрорайон - (прийнятий однаковим для всіх мікрорайонів)

$$\text{I варіант} - H_I = 2 \times 3,89 + 35 = 42,78 \text{ м вод.ст.}$$

$$\text{II варіант} - H_{II} = 2 \times 9,195 + 35 = 53,39 \text{ м вод.ст.}$$

$$\text{III варіант} - H_{III} = 2 \times 47,58 + 35 = 140,16 \text{ м вод.ст.}$$

14.Потужність- насосних установок

$$N = \frac{HGg}{1000\eta_n},$$

$G=45,5$ кг/с - витрата сітьової води для забезпеченню теплопостачання міста в цілому (витрата води через ділянку 4 - 5); $g=9,8$ м/с² - прискорення вільного падіння; η_n - к.к.д. насосів (прийнятий рівним 0,65).

$$\text{I варіант.} - N_I = \frac{42,78 \times 45,5 \times 9,8}{1000 \times 0,65} = 29,35 \text{ кВт}$$

$$\text{II варіант} - N_{II} = \frac{53,39 \times 45,5 \times 9,8}{1000 \times 0,65} = 36,63 \text{ кВт}$$

$$\text{III варіант} - N_{III} = \frac{140,16 \times 45,5 \times 9,8}{1000 \times 0,65} = 89,29 \text{ кВт}$$

15.Витрати електроенергії для транспортування теплоносія за рік (за опалювальний період)

$$N_e = N \times n_0 \times 24$$

$n_0=189$ діб - тривалість опалювального періоду;

$$N_{e,I} = 29,35 \times 189 \times 24 = 13313 \text{ кВт}\times\text{год}$$

$$N_{e,II} = 36,63 \times 189 \times 24 = 166154 \text{ кВт}\times\text{год}$$

$$N_{e,III} = 89,29 \times 189 \times 24 = 407877 \text{ кВт}\times\text{год.}$$

16. Капітальні вкладення в насосні установки

$$K_H = N \times S_H; S_H = 20,8 \text{ грн/кВт.}$$

17. Експлуатаційні витрати (вартість витраченої за рік електроенергії)

$$C_H = N_e S_e; S_e = 0,15 \text{ грн/кВт}\times\text{год.}$$

Результати розрахунків для варіантів за п.п. 16, 17 подані в табл. 3.28.

Таблиця 3.28 – Економічні показники роботи насосних установок

Показник\Варіант	I.	II.	III.
K_H , грн	610,48	761,9	1857,2
C_H , грн	19970	24923	61181

18. Капітальні вкладення в спорудження теплотраси для першого варіанта (при прокладанні в непрохідних каналах)

$$\begin{aligned} K_T^I &= K_{1-2}^{II} \times l_{1-2} + K_{2-3}^{II} \times l_{2-3} + K_{3-4}^{II} \times l_{3-4} + K_{4-5}^{II} \times l_{4-5} = \\ &= 407 \times 100 + 607,8 \times 200 + 607,8 \times 100 + 607,8 \times 500 = 526940 \text{ грн.} \end{aligned}$$

Величина питомих (на 1 м довжини) капітальних вкладень для ділянок K^{II} визначені за табл. 3.25 по величині діаметра трубопроводу на кожній ділянці.

19. Експлуатаційні витрати для теплотраси за першим варіантом виконання

$$\begin{aligned} C_T^I &= C_{1-2}^{II} \times l_{1-2} + C_{2-3}^{II} \times l_{2-3} + C_{3-4}^{II} \times l_{3-4} + C_{4-5}^{II} \times l_{4-5} = \\ &= 42,8 \times 100 + 52,4 \times 200 + 52,4 \times 10 + 52,4 \times 500 = 46200 \text{ грн/рік.} \end{aligned}$$

Аналогічно розрахункам за п.п. 18, 19 визначені вартісні показники для другого та третього варіантів. Результати подані в табл. 3.29.

Таблиця 3.29 - Вартість спорудження і експлуатації теплотраси

№ ділянки	I. варіант				II. варіант				III. варіант			
	K^II , грн/м	C^II , грн/м	K , тис. грн.	C , тис. грн.	K^II , грн/м	C^II , грн/м	K , тис. грн.	C , тис. грн.	K^II , грн/м	C^II , грн/м	K , тис. грн.	C , тис. грн.
1-2	407	42,8	40,7	4,28	301	33,4	30,1	3,34	298	31	29,8	3,1
2-3	607,8	52,4	121,4	104,8	407	42,8	81,4	8,316	301	33,4	60,2	6,68
3-4	607,8	52,4	60,7	5,24	407	42,8	40,7	4,28	301	33,4	30,1	3,34
4-5	607,8	52,4	303,9	26,2	407	42,8	203,5	21,4	301	33,4	150,5	16,7
В цілому для траси (1-5)			526,9	46,2			355	37,34			270,6	29,82

20. Загальні витрати (без урахування таких факторів, як, наприклад зміна втрат теплоти при транспортуванні) для першого варіанта

$$Z' = (K_H^1 + K_T^1)E + (C_H^1 + C_T^1) = (610,48 + 526900)0,15 + (19970 + 46200) = 145296 \text{ грн.}$$

$E=0,15$ - коефіцієнт економічної ефективності капітальних вкладень;
для другого варіанта

$$Z'' = (761,9 + 355700)0,15 + (24923 + 21400) = 99792 \text{ грн}$$

для третього варіанта

$$Z''' = (1857,2 + 270600)0,15 + (61181 + 16700) = 118750 \text{ грн}$$

Графічна інтерпретація результатів розрахунків подана на рис. 3.27. Як свідчать наведені дані, мінімальна величина витрат має місце при значеннях питомих втрат тиску $5 < i < 8$ мм вод.ст./м, тобто доцільним є другий варіант.

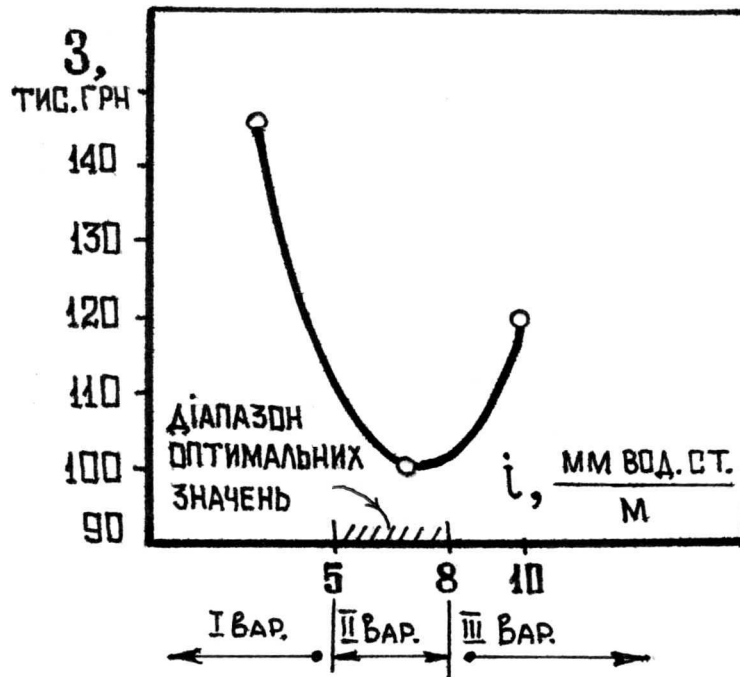


Рис. 3.27. Порівняння варіантів виконання теплотраси (до прикладу 3.1)

Приклад 3.2. Розрахунок фрагмента квартальної мережі гарячого водопостачання. Розрахункова схема подана на рис. 3.28. Квартал забудований 12-поверховими будинками. При обчисленнях прийняти геодезичну різницю відміток для будинків А, Б рівною 0, для будинку В рівною 2 м, геометричну висоту підймання води у будівлях 41 м, втрати напору у квартирній підводці $H_k = 5,5$ м, вільний напір у диктуючому приладі $H_g = 3$ м, напір води після водопідігрівної установки $H' = 600000$ Па. Втрати тиску у секційному вузлі в режимі водорозбору прийняти 41080 Па.

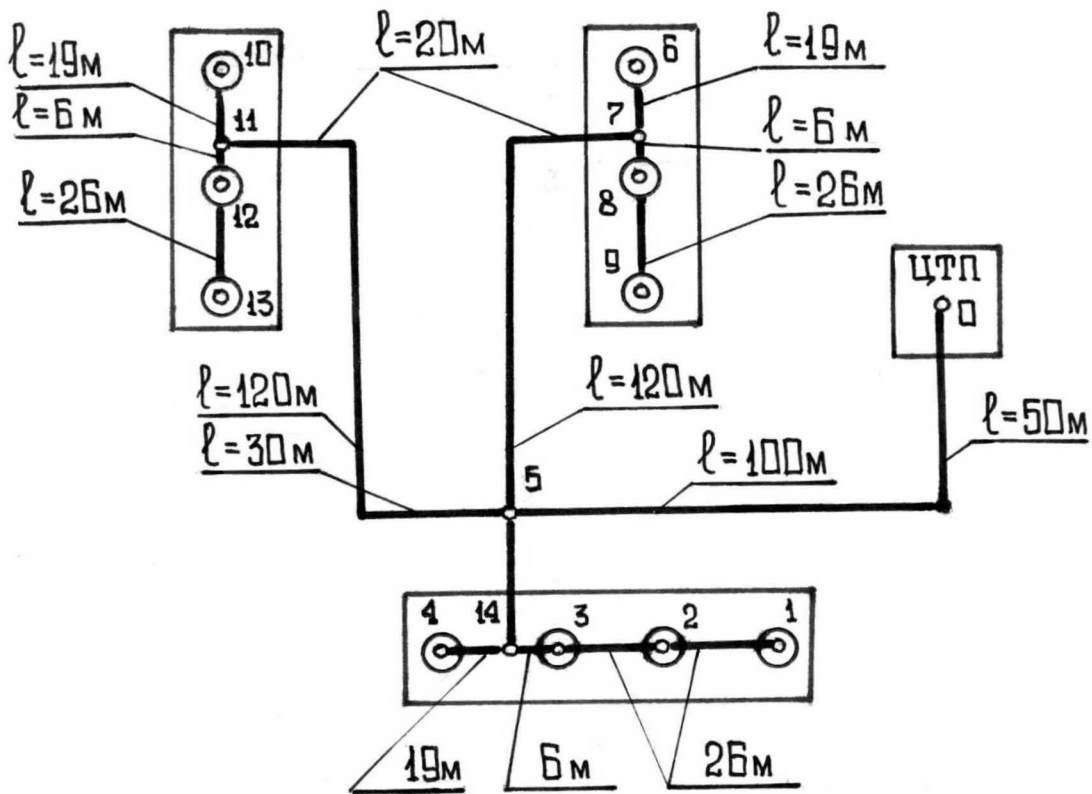


Рис. 3.28. Схема квартальної мережі гарячого водопостачання

Розв'язання

Результати обчислення параметра A для віток мережі і питомих втрат тиску наведені в табл. 3.30.

Таблиця 3.30. - Визначення питомих втрат тиску для віток мережі ($K_l = 0,2$)

№ вітки	№ секційного вузла	$H_{P,uz}$, м вод. ст.	$\sum H_l$, м вод. ст.	Довжина вітки, м	A , кПа/м	Питомі втрати $i_{под}$, Па/м
I	9	56,5	3,5	322	0,109	91
I	13	56,5	3,5	352	0,099	82,5
I	1	54,6	5,4	228	0,237	197,5

Відповідно до даних табл. 3.30 вітка II приймається як головна.

Вважаючи, що $g^h / g^{cir} > 2,1$, витрати гарячої води на ділянках головної

вітки обчислюємо при $K_{cir} = 0$, в залежності від кількості приладів та вірогідності їх дії. Вибір діаметрів ділянок головної вітки здійснюють при відомих витратах води на ділянках і питомих втрат тиску на вітці $i = 82,5$ Па/м. Результати розрахунків трубопроводів головної вітки подані в табл. 3.31.

Вибір діаметрів трубопроводів відгалуження (5-9) виконуємо при умові рівності втрат тиску на ділянках (5-9) і (5-13), тобто

$$H_{5-9} = H_{5-13} = H_{5-11} + H_{11-12} + H_{12-13} = 13260 + 864 + 2730 = 16854 \text{ Па}$$

Питомі втрати тиску на відгалуженні, що розглядається

$$i'_{5-9} = \frac{H_{5-9}}{l_{5-9}(1 + K_l)} = \frac{16854}{172 \times (1 + 0,2)} = 81,66 \text{ Па/м}$$

Аналогічно визначають питомі втрати тиску для інших відгалужень від головної вітки.

$$H_{5-1} = H_{5-13} = 16854 \text{ Па}, i'_{5-1} = \frac{H_{5-1}}{l_{5-1}(1 + K_l)} = \frac{16854}{78 \times (1 + 0,2)} = 180,1 \text{ Па/м}$$

Таблиця 3.31. - Гідравлічний розрахунок подавальних трубопроводів гарячого водопостачання

№ ділянки	g^h , л/с	V , м/с	i_∂ , Па/м	d_∂ , мм	l_∂	Втрати тиску H , Па	Втрати теплоти	
							Питомі Вт/м	На ділянці, Вт
Головна вітка								
13-12	1,47	0,47	87,5	65	26	2730	33,18	862,68
12-11	2,94	0,65	120	80	6	864	37,12	222,72
11-5	4,41	0,55	65	100	170	13260	42,92	7296,4
5-0	14,7	0,8	80	150	150	14400	48072	7308
Відгалуження (10-11) $i = 189,2$ Па/м								
10-11	1,47	0,47	87,5	65	19	1995	33,18	630,42
Відгалуження (5-9) $i' = 81,66$ Па/м								
9-8	1,47	0,47	87,5	65	26	2730	33,18	862,68
8-7	2,94	0,65	120	80	6,0	864	37,12	222,72
7-5	4,41	0,8	65	100	140	10920	42,92	5196,8
Відгалуження (5-1) $i' = 180,1$ Па/м								
1-2	1,47	0,47	87,5	65	26	2730	33,18	862,68
2-3	2,94	0,65	120	80	26	3744	37,12	965,12
3-14	4,41	0,77	140	90	6	1008	40,02	240,12
14-5	5,88	0,75	290	90	20	6960	40,02	800,4

Вибір діаметрів циркуляційних трубопроводів розпочинаємо з головної вітки, з її розподільчої частини внутрішньодомової системи від найбільш віддаленого секційного вузла .

Витрати гарячої води у режимі циркуляції через кінцеві на вітках секційні вузли прийняті за результатами розрахунків секційного вузла.

$$g_{uz,13} = g_{uz,10} = g_{uz,1} = g_{uz,4} = g_{uz,9} = g_{uz,6} = 0,25 \text{ л/с}$$

Витрати циркуляційної води через інші секційні вузли (при розрахунках прийнято $\psi = 1$, $\beta = 1,6$):

$$g_{uz,12} = g_{uz,8} = 0,25 \sqrt{1 + 1,6 \times \frac{26}{26}} = 0,403 \text{ л/с};$$

$$g_{uz,2} = 0,25 \sqrt{1 + 1,6 \times \frac{26}{52}} = 0,335 \text{ л/с};$$

$$g_{uz,3} = 0,25 \sqrt{1 + 1,6 \times \frac{52}{52}} = 0,403 \text{ л/с}.$$

Питомі втрати тиску на ділянках циркуляційних трубопроводів внутрішньодомової розподільчої системи. Для ділянки (13-12) втрати напору в подавальному трубопроводі при циркуляційних витратах води становлять

$$H_{nod}^{cir} = 2730 \left(\frac{0,25}{1,47} \right)^2 = 79 \text{ Па}$$

$$i_{cir,d} = \frac{1,6 \times 41080,2 - 79}{26(1 + 0,2)} = 2104 \text{ Па/м}.$$

Втрати напору в секційному вузлі в режимі циркуляції прийняти $H_{uz} = 41080,2$ Па за даними розрахунків вузла.

При визначенні питомих втрат тиску на головній циркуляційній магістралі головної вітки прийняті такі дані: напір циркуляційного насосу $H_{\mu} = 250000$ Па, втрати тиску в теплообмінному апараті водопідігрівної

установки $H_{ен} = 55000$ Па (цю величину можна визначити при розрахунках теплообмінників).

$$H_{cir} = 250000 - 55000 - (635 + 556) - (79 + 42,6) - (15290 + 2520) - 41080,2 = 134797,2 \text{ Па};$$

$$i_{cir} = \frac{134797,2}{352 \times 1,2} = 319 \text{ Па/м.}$$

Результати розрахунків головної вітки наведені в табл. 3.32. Питомі втрати тиску для розрахунків відгалужень від головної циркуляційної магістралі дорівнюють

$$i'_{cir,10-11} = \frac{(H_{nod,13-12}^{cir} + H_{nod,12-11}^{cir} + H_{13-12} + H_{12-11} + H_{uz,13} - (H_{nod,10-11}^{cir} + H_{uz,10}))}{L_{11-10}(1 + K_l)} = \frac{(79 + 40,6 + 15290 + 41080,2 - (79 + 41080,2))}{19(1 + 0,2)} = \frac{59011,82 - 41159,2}{22,8} = 783 \text{ Па/м};$$

$$i'_{cir,9-5} = \frac{(79 + 42,6 + 4277 + 15290 + 2520 + 41080,2 - (79 + 42,6 + 457,8 + 41080,2))}{172(1 + 0,2)} = \frac{63288,8 - 41659,6}{172 \times 1,2} = 104,8 \text{ Па/м};$$

$$i'_{cir,1-5} = \frac{(63288,8 - (79 + 148,2 + 50,8 + 308,5 + 41080,2))}{78 \times 1,2} = \frac{63288,8 - 41666,7}{78 \times 1,2} = 232,1 \text{ Па/м.}$$

Результати розрахунків відгалужень для визначених питомих втрат тиску і циркуляційних витратах води на ділянках відгалужень подані в табл. 3.32.

Таблиця 3.32. - Результати гідравлічного розрахунку циркуляційних трубопроводів гарячого водопостачання

№ ділянки	g^h , л/с	g^{cir} , л/с	l , м	$H_{под}^{cir}$, Па	d^{cir} , мм	V^{cir} , м/с	Втрати тиску	
							питомі, Па/м	H , Па
Головна вітка; $i_{cir} = 319$ Па/м								
13-12	1,47	0,25	26	79	25	0,6	490	15290
12-11	2,94	0,653	6	42,6	25	1,25	350	2520
11-5	4,41	0,903	170	4277	40	0,6	500	102000
5-0	14,7	3,024	150	635	65	0,85	350	63000
Відгалуження (10-11); $i'_{cir} = 783$ Па/м								
10-11	1,47	0,25	19	79	25	0,6	490	11172
Відгалуження (9-5); $i'_{cir} = 104,8$ Па/м								
5-9	4,41	0,903	140	457,8	50	0,4	120	20160
Відгалуження (1-5); $i'_{cir} = 232,1$ Па/м								
1-2	1,47	0,25	26	79	25	0,6	500	15600
2-3	2,94	0,585	26	148,2	40	0,65	230	7176
3-14	4,41	0,99	6	50,8	50	0,55	170	1224
14-5	5,88	1,238	20	308,5	65	0,4	85	2040

Розбіжність визначення втрат тиску для відгалужень:

відгалуження (9-5)

$$\Delta = \frac{\sum H_{5-13} - \sum H_{5-9}}{\sum H_{5-13}} \times 100\% = \frac{63288,8 - (41659,6 + 20160)}{63288,8} = 2,3\% < 10\%$$

відгалуження (1-5)

$$\Delta = \frac{\sum H_{5-13} - \sum H_{5-1}}{\sum H_{5-13}} \times 100\% = \frac{63288,8 - 67706}{63288,8} = -7\% < 10\%$$

Контрольні запитання

1. Вказати параметри, що визначають витрату теплоти на опалення, гаряче водопостачання і вентиляцію будівель.
2. Дати характеристику основним елементам системи централізованого тепlopостачання.

3. Перелічити основне обладнання водогрійної котельні.
4. Обґрунтувати переваги комбінованого вироблення теплової і електричної енергії на ТЕЦ у порівнянні з роздільним способом.
5. Сформулювати недоліки і переваги застосування централізованих і місцевих джерел тепlopостачання.
6. Назвати основні елементи теплових мереж.
7. Сформулювати призначення і основні типи компенсаторів лінійних подовжень.
8. Охарактеризувати теплоізоляційні матеріали, що застосовують при влаштуванні теплових мереж.
9. Назвати приклади опорних конструкцій при прокладанні теплотраси.
10. Перелічити способи приєднання систем опалення до теплових мереж.
11. Назвати мету і порядок гідравлічного розрахунку теплових мереж.
12. Сформулювати особливості гідравлічного розрахунку за допомогою номограм.
13. Назвати призначення теплових пунктів, дати їм класифікацію.
14. Дати характеристику схемам приєднання підігрівних установок гарячого водопостачання.
15. Пояснити переваги двоступінчатих схем приєднання теплообмінних апаратів гарячого водопостачання до теплових мереж.

4. ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ МІСТ

4.1. Призначення і класифікація систем електропостачання

Надійність і безперебійність забезпечення міст електричною енергією, а також зменшення її втрат у міських мережах та раціональне використання обладнання джерел електропостачання і підстанцій досягається шляхом створення міських електричних систем.

До складу електричних систем входять джерела електропостачання, які обладнані електрогенераторами; позаміські й міські лінії електропередач; підвищуючі та знижуючі підстанції; міські електричні мережі й споживачі електричної енергії.

Електрична система є частиною енергетичної системи, що являє собою сукупність джерел електро- та теплопостачання, ліній електропередачі, міських електричних і теплових мереж, які зв'язані загальним режимом роботи та безперервним процесом виробництва, розподілу і споживання електричної та теплової енергії в містах.

В Україні діє об'єднана енергосистема, що складається з кількох паралельно працюючих електроенергетичних систем, мережі яких охоплюють споживачів усіх областей.

Системи електропостачання можна класифікувати за наступними ознаками:

- 1) за напругою;
- 2) за типом джерела і режимом роботи;
- 3) за видом схеми розподільних мереж;
- 4) залежно від категорії електроприймачів;
- 5) за методом прокладання електричних мереж;
- 6) за призначенням опор;
- 7) за матеріалом струмоведучих жил кабелю.

Система електропостачання міста включає елементи енергетичної системи, що забезпечують розподіл електроенергії споживачам. До міських електричних мереж відносяться:

електропостачаючі мережі напругою 110 (35) кВ й вище, які вміщують кільцеві мережі із знижуваними підстанціями (ПС), лінії і підстанції глибоких введів (під підстанцією глибокого вводу розуміється закрита підстанція, яка розташована у житловій або промисловій зоні міста, яка живиться радіальною зарезервованою повітряною або кабельною лінією електропередачі);

розподільні мережі напругою 10 (6)...20 кВ, які вміщують трансформаторні підстанції (ТП) і лінії, які з'єднують центри живлення з ТП й ТП між собою; розподільні мережі до 1000 В.

4.2. Джерела і режими електропостачання

Одним з основних елементів генерального плану розвитку міста є схема його електропостачання, яка розробляється комплексно з урахуванням розвитку енергетики всього енергетичного району. Такі схеми дозволяють передбачати при плануванні міста місця для розміщення енергетичних споруд: електростанцій (ЕС), підвишуючих і знижуючих трансформаторних підстанцій (ПС, ТП), живильних і розподільних ліній, електроприймачів та інших джерел.

Згідно з існуючим директивним положенням населені місця постачаються електроенергією централізовано, тобто від діючих у даному місці електроенергетичних об'єктів (повітряних ліній, електростанцій), які є елементами енергосистем. Тільки при неможливості або недоцільності такого приєднання через віддаленість населених пунктів або наявність природних перешкод (проливів, гірських масивів) необхідне проектування самостійних електростанцій.

Енергетичною системою (енергосистемою) називається сукупність електростанцій, енергетичних і теплових мереж, які з'єднані між собою і зв'язані загальною режимів у неперервному процесі виробництва,

перетворення і розподілу енергії. Режим споживання електроенергії залежить від виду споживання (комунально-побутові споживачі, промислові підприємства, електрифікований транспорт). Крім того, на режим електроспоживання впливає коливання електричного навантаження за годинами доби і періодом року (наприклад, у літній час навантаження, як правило, нижче, ніж у зимовий час). Протягом доби навантаження регулярно знижується у нічні години, а протягом неділі зниження навантаження має місце в неробочі дні.

Різні типи електростанцій мають режими роботи, що суттєво відрізняються. Гідроелектростанції розраховані, як правило, на піковий режим роботи з короткочасним (2...6 год. на добу) використанням повної потужності в години максимального навантаження. Річне число годин використання встановленої потужності ГЕС складає 2...3 тис. Для атомних електростанцій характерна робота в базисному режимі з високим річним часом використання (до 6000...6500 год.).

Теплофікаційні станції (ТЕС) і теплоелектроцентралі (ТЕЦ) знайшли широке застосування в містах в якості комбінованих джерел, що виробляють тепло і електроенергію. Робота ТЕС і ТЕЦ у річному графіку навантаження пов'язана з напівпіковими і базисними режимами. Зміна потреби в тепловій потужності ТЕС і ТЕЦ протягом доби обмежується в середньому 5...15 %. У найбільш навантажений зимовий період режим роботи ТЕС і ТЕЦ практично повністю визначається умовами теплопостачання. Річне число годин використання даних станцій складає 3500...6000.

Конденсаційні електричні станції

На відміну від теплоелектроцентралей (ТЕЦ), що виробляють теплову й електричну енергію, конденсаційні електричні станції (КЕС), використовуючи енергію пари, виробляють тільки електричну енергію за допомогою генераторів, які приводяться в рух конденсаційними турбінами. Відпрацьована

пара з турбіни з тиском нижче атмосферного (до $0,05 \times 10^5$) надходить до конденсаторів, де охолоджується холодною водою і у вигляді конденсату повертається за допомогою насосів до парового котла для повторного циклу.

Принципова схема робочого процесу конденсаційної паротурбінної електростанції показана на рис. 4.1. У топці котла відбувається процес горіння газоподібного палива, яке супроводжується виділенням продуктів згоряння з температурою до $1600\text{ }^\circ\text{C}$. Ці гази забезпечують нагрівання води та одержання пари у котлі. Із котла пара з температурою $535\text{...}560\text{ }^\circ\text{C}$ та тиском $13\text{...}25\text{ МПа}$ надходить по паропроводу в парову конденсаційну турбіну. Внаслідок різниці тисків пари, яка надходить до турбіни та виходить із неї, а також різниці температур пара, розширюючись при проходженні усіх ступенів турбіни, здійснює механічну роботу, обертаючи вали турбіни й електрогенератора.

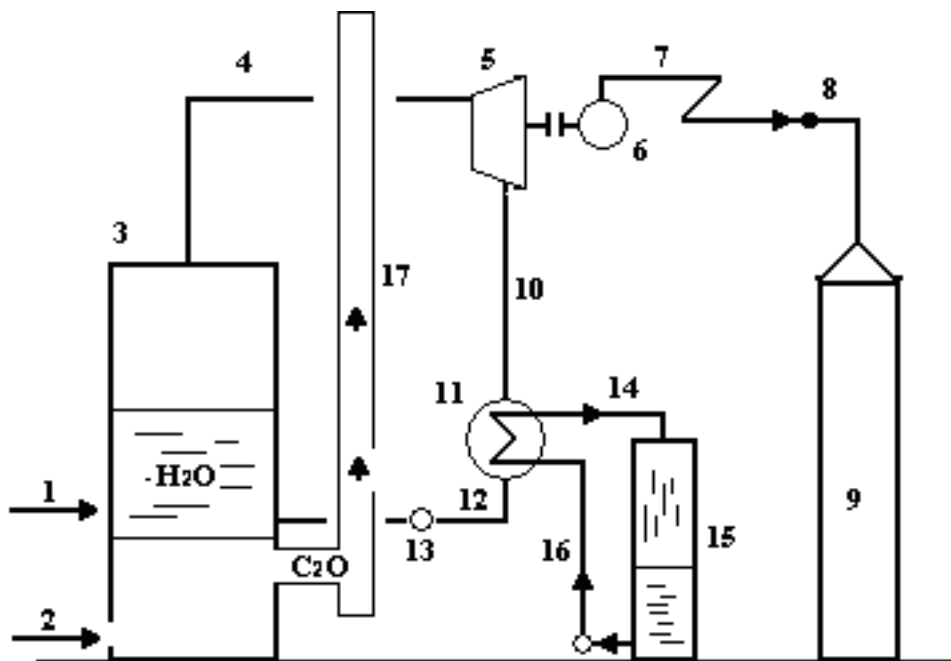


Рис. 4.1 - Схема конденсаційної електричної станції (КЕС):

1 – холодна вода; 2 – паливо (газ, вугілля); 3 – паровий простір; 4 – паропровід; 5 – парова турбіна; 6 – електрогенератор; 7 – лінія електропередачі; 8 – трансформаторна підстанція; 9 – споживач; 10 – паропровід; 11 – конденсатор; 12 – конденсаторопровід; 13 – насос; 14 – трубопровід гарячої води; 15 – градирня; 16 – трубопровід охолодженої води; 17 – димар

Вироблена генератором електрична енергія напругою 10 кВ подається на відкриту підвищувальну трансформаторну підстанцію, на якій напруга

підвищується до 110, 220 або 500 кВ і по лініях електропередачі (ЛЕП) електрична енергія передається до районів споживання.

На конденсаційних електричних станціях лише 25-30 % енергії палива перетворюється в електричну енергію.

Низький ККД КЕС не дозволяє використовувати для їх роботи привізне паливо, яке дорого коштує. Частіше вони споруджуються в районах розміщення значних природних запасів низькосортного твердого палива або природного газу.

Гідроелектричні станції (ГЕС)

Виробництво електричної енергії на гідроелектричних станціях здійснюється за допомогою енергії водяного потоку річок. Енергія водяного потоку визначається витратою води і схилом річки. Для використання такої енергії у створі річки влаштовують гідротехнічні споруди, які створюють перепад рівня води між верхнім та нижнім б'єфами річки (рис. 4.2). Чим вища гребля, тим більший тиск. Потужність гідроелектростанції залежить від величини тиску й від кількості води, яка проходить за одиницю часу через усі турбіни станції.

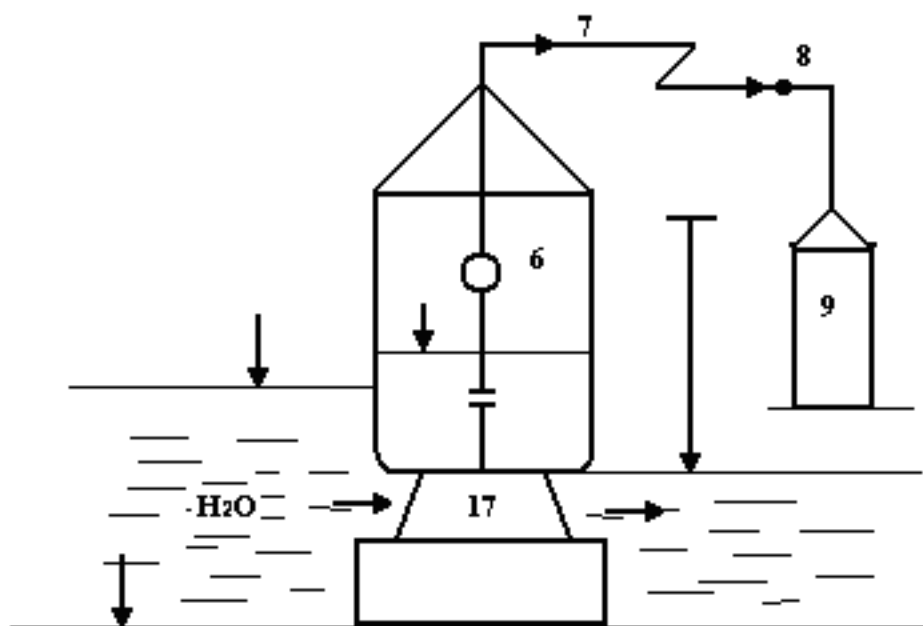


Рис. 4.2 - Схема гідроелектростанції (ГЕС):
6 – електрогенератор; 7 – лінія електропередачі; 8 – трансформаторна підстанція;
9 – споживач; 17 – водна турбіна

На гідроелектростанціях вода під дією своєї ваги через ґратку по турбінному водоводу надходить у турбінну камеру до робочого колеса гідротурбіни. При цьому енергія руху потоку води переходить в енергію обертання ротора гідротурбіни, а потім в електроенергію, оскільки всі ротори гідротурбіни з'єднані з генератором.

Атомні електричні станції (АЕС)

Джерелом електричної енергії на атомних станціях є процес поділу ядер атомів урану в атомних реакторах. При цьому виділяється велика кількість теплової енергії. Теплоносієм у двоконтурній схемі АЕС (рис. 4.3) є вода, яка відводить теплоту, що виділяється в реакторі, до парогенератора з температурою 255...275 °С. У парогенераторі нагріта вода віддає свою теплоту воді вторинного контура і перетворює її в пару температурою 250...260 °С. Із парогенератора пара надходить на парову турбіну, яка з'єднана з електричним генератором, що виробляє електричну енергію. Частина пари з останнього ступеня турбіни надходить до конденсатора, в якому здійснюється її конденсація. Конденсат температурою 190 °С за допомогою живильного насосу знов повертають до реактора. Щоб вода (конденсат) не закипіла при такій високій температурі, її вводять до реактора під тиском 10 МПа. У такій схемі АЕС як регулятор швидкості перебігу реакції поділу ядер розщеплення урану використовують спеціальні стержні з графіту, розміщені у вертикальних робочих каналах реактора.

Ізольованість контурів забезпечує захист робочого тіла (пари) й всього обладнання теплосилового циклу від радіоактивності.

Розміщення атомних електростанцій не пов'язане з місцем розташування природних запасів палива, будуються вони в місцевостях з недостатніми запасами палива.

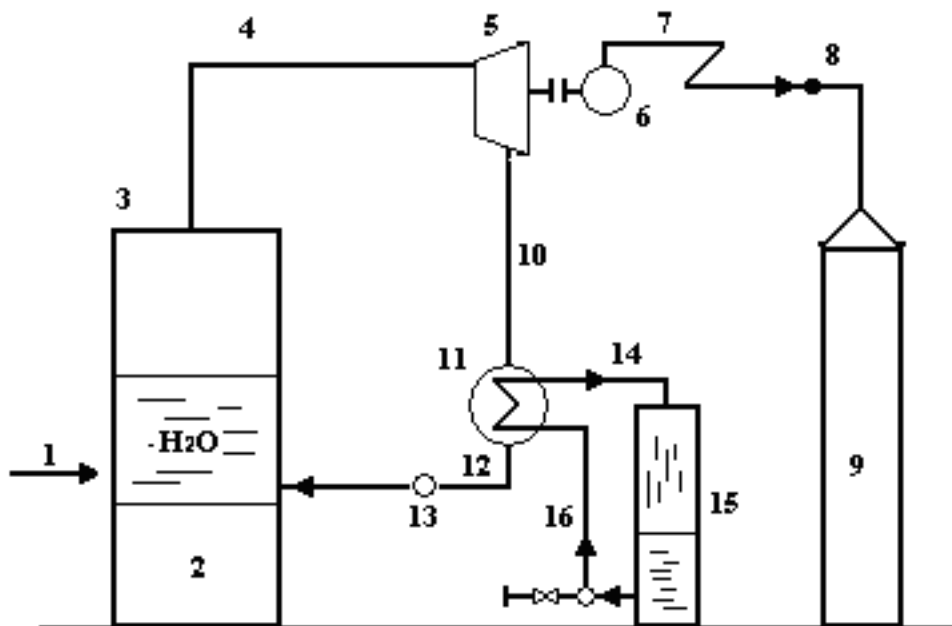


Рис. 4.3 - Схема атомної електричної станції (АЕС):

1 – холодна вода; 2 – ядерне паливо; 3 – паровий простір; 4 – паропровід; 5 – парова турбіна; 6 – електрогенератор; 7 – лінія електропередачі; 8 – трансформаторна підстанція; 9 – споживач; 10 – паропровід; 11 – конденсатор; 12 – конденсаторопровід; 13 – насос; 14 – трубопровід гарячої води; 15 – градирня; 16 – трубопровід охолодженої води

4.3. Схеми міських електричних мереж та електроприймачі споживачів

Мережа електропостачання виконує дві основні функції: здійснює паралельну роботу джерел живлення і розподіляє енергію серед районів міста. Подібні мережі виконують у вигляді кільця. Напруга кільцевої мережі визначається розмірами міста. Для крупних і дуже крупних міст вона виконується на напругу 110...220 кВ.

Схеми живлення ланцюгів 6...10 кВ використовують в системах електропостачання крупних промислових і комунальних підприємств, а також для живлення міської розподільної мережі загального користування.

Розподільні мережі залежно від рівня надійності споживачів поділяються на такі види:

прості радіальні мережі з мінімальною надійністю;

петельні схеми (які мають двобічне живлення) як найбільш розповсюджені для розподільних мереж міста;

петельні автоматизовані мережі. Автоматичне введення резерву застосоване для найбільш відповідальних споживачів.

Вирішальна роль електроенергії у забезпеченні нормальної життєдіяльності міста потребує високої надійності електропостачання. *Електроприймачі споживачів* поділяються на три категорії.

До першої категорії відносяться електроприймачі, перерва електропостачання яких може призвести до небезпеки для життя людей, значних втрат у народному господарстві, порушення функціонування особливо важливих елементів комунального господарства. Електроприймачі першої категорії повинні забезпечуватись електроенергією від двох незалежних джерел живлення, перерва електропостачання від одного з джерел живлення може бути припустима лише на час автоматичного відновлення живлення. Особлива за надійністю група електроприймачів першої категорії повинна передбачати додаткове живлення від третього незалежного джерела живлення.

До другої категорії відносяться електроприймачі, перерва електропостачання яких призводить до масового зменшення вироблення продукції, масовим простоям робітників, механізмів і промислового транспорту, порушення нормальної діяльності мешканців міста. Електроприймачі другої категорії забезпечуються електроенергією від двох незалежних джерел живлення.

При порушенні електропостачання від одного з джерел живлення припустимі перерви, необхідні для включення резервного живлення черговим персоналом. Припустиме живлення електроприймачів однією повітряною лінією (ПЛ) або двох ланцюговою кабельною при забезпеченні аварійного ремонту цієї лінії за час не більше 1 доби.

До третьої категорії відносяться всі інші електроприймачі, які не підходять до перших двох. Живлення цих приймачів допускається від одного джерела живлення при умові ремонту системи протягом не більше доби.

Схема електропостачання міста, яка задовольняє вимогам до раціональної схеми, базується на системі напруг 110/10 кВ. Мережу виконують у вигляді дво ланцюгового кільця, яке охоплює місто і виконує роль збірних шин, які приймають енергію від центрів живлення, що розташовані на окраїнах або за межами міста. Глибокі вводи в райони з високою щільністю і поверховістю забудови виконуються кабельними лініями 110 кВ. Пропускна здатність кільця 110 кВ повинна забезпечувати перетики потужності в нормальних і післяаварійних режимах при відключенні окремих елементів мережі.

На рис. 4.4 показана схема будови міської електричної мережі з шести зон:

I зона - кільцева мережа й глибокі вводи напругою 110 кВт з районними підстанціями (ПС), які забезпечують зниження напруги з 110 до 10кВт. У цій самій зоні може знаходитись ТЕЦ та електростанції підприємств;

II зона - постачальні мережі на 10 кВт, які зв'язують районні підстанції з розподільними пунктами (РП) та лінії зв'язку між РП. На постачальних лініях до РП передбачається обладнання автоматичного резервного устаткування (АВР);

III зона - розподільні мережі напругою 10 кВт, що підключають до РП споживчих, промислові або міські трансформаторні підстанції (ТП);

IV зона - споживчі ТП, що знижують напругу з 10 до 0,4 кВт;

V зона - електричні мережі напругою до 0,4 кВт, що підключають споживачів електричної енергії до ТП;

VI зона - внутрішні мережі будинків й споруд із ввідно-розподільним обладнанням (ВРО).

Тепер при проектуванні нових міст і житлових районів широко використовують оптимальні схеми електропостачання з обладнанням глибоких вводів кабельних ліній напругою 110 кВт у районах з високою щільністю забудови (рис. 4.5).

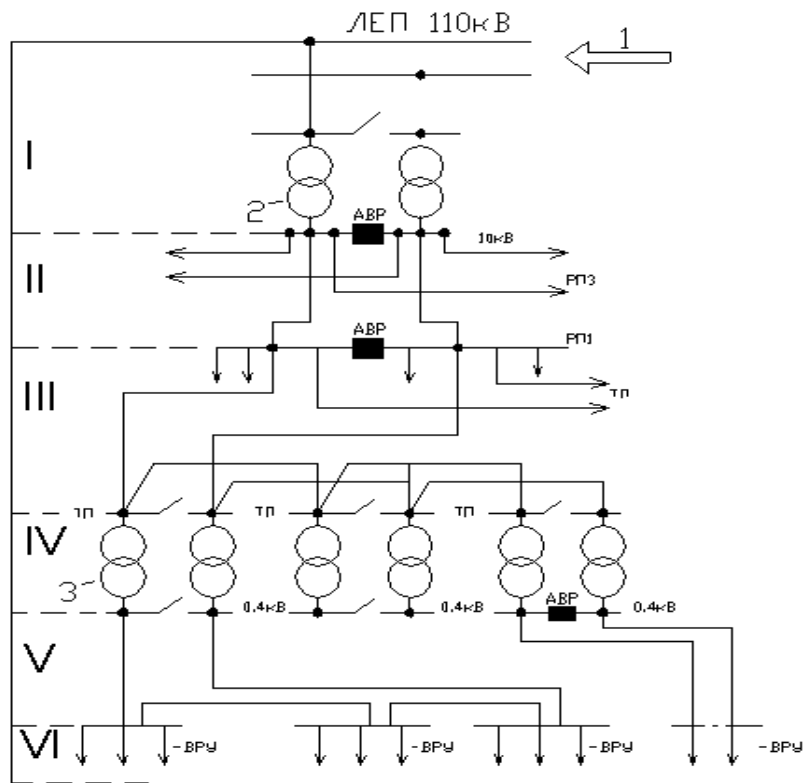


Рис. 4.4 - Схема мережі електропостачання міста:
 1-ЛЕП; 2-центральна підстанція; 3-споживча підстанція;
 РП-районна підстанція; АВР-автоматичне включення резервного устаткування;
 ВРУ-вводно-розподільне обладнання будівель

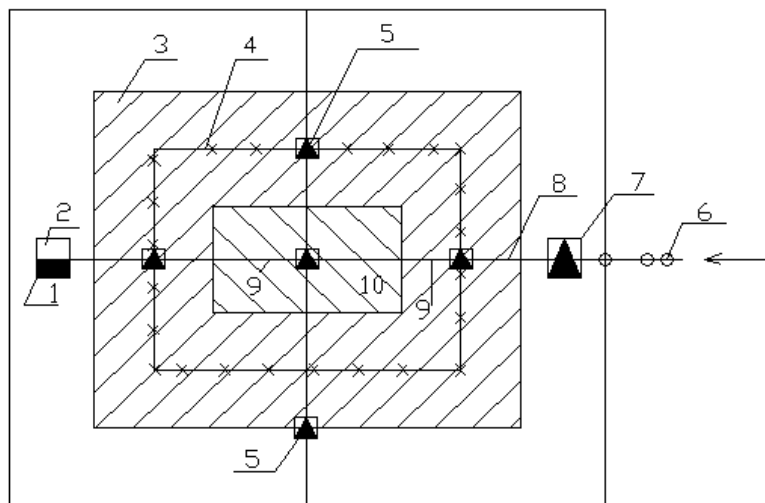


Рис. 4.5 - Схема електропостачання міст:
 1-територія за межами міста; 2-електростанція напругою 110 кВ; 3-середня частина міста;
 4-кабель 110 кВ; 5-підстанція 110/10 кВ; 6-ЛЕП 220 кВ; 7-підстанція 220/110 кВ;
 8-ЛЕП 110 кВ; 9 – кабель 110 кВ; 10-центральна частина міста

Наведена схема дає змогу подальшого розширення без докорінної ломки структури, що склалася. Пропускна здатність мережі 110 кВ може збільшуватись за рахунок розрізання кільця і підключення його до нових центрів живлення, а також за рахунок збільшення числа ліній 110 кВ.

4.4. Лінії електропередачі й основні елементи їх влаштування

Передача електричної енергії від електричних станцій до споживачів здійснюється за допомогою повітряних і кабельних електричних мереж.

Повітряні електричні мережі

На позаміських територіях частіше застосовують повітряний метод прокладання електричних мереж на високих опорах. Основними елементами повітряної лінії є опори, що підтримують проводи на певній висоті від землі; проводи для передачі енергії; ізолятори та арматура для кріплення.

Опори за призначенням поділяють на проміжні, кутові й кінцеві.

Проміжні опори забезпечують підтримання проводів між двома анкерними опорами.

Анкерні опори призначені для жорсткого закріплення на них проводів повітряної лінії. При обриві проводу між двома анкерними опорами одна повинна сприймати однобічний натяг проводів з іншою лінією.

Кутові опори встановлюють у місцях повороту траси повітряної лінії.

Кінцеві опори анкерного типу встановлюють на початку і в кінці повітряної лінії. На цих опорах натяг проводів лінії діє постійно.

Виготовляють опори залізними, залізобетонними і дерев'яними. Останні застосовують у невеликих населених пунктах і сільській місцевості. Найбільш довговічні збірні залізобетонні опори промислового виготовлення.

Відстань між опорами визначається розрахунком на механічну міцність залежно від перерізу, марки проводу, типу опор, швидкості вітру й наявності ожеледі.

Проводи для повітряних ліній виготовляють з міді, алюмінію, сталі й сплавів. Переріз (діаметр) проводів та їх габарити залежать від номінальної напруги й місця проходження лінії. Габаритами повітряної лінії називають відстань по вертикалі від найнижчої точки проводу до землі або до води при перехрещенні з водною перепорою.

Проводи на опорах закріплюють за допомогою фарфорових ізоляторів. Тип ізоляторів залежить від номінальної напруги електричного струму за перерізом проводів.

Велика насиченість міських вулиць наземними спорудами не дозволяє застосувати повітряну прокладку електромереж. Їх застосування обмежується малоповерховою забудовою та в якості освітлювальних мереж .

Кабельні лінії

Влаштування силових кабелів на напругу 1...35 кВ зображене на рис. 4.6. Струмоведачі жили кабелів виконують із міді або алюмінію. Розрізняють кабелі з ізоляцією із паперових стрічок зі спеціальним просоченням, з гуми і з пластмаси. Для кабелів високої напруги (110...525 кВ) застосовують мастилонаповнені трубопроводи. При прокладці кабелів у місцях з можливою механічною дією використовують бронепокрови. Броня виконується із сталеві стрічки або дроту. У ґрунтах, які вміщують речовини, що порушують оболонку кабелю, а також у зонах, що небезпечні через дію електрокорозії, застосовують кабелі з свинцевою оболонкою і посиленими захисними покриттями типів Б_л і Б_{2л} або з алюмінієвою оболонкою і особливо посиленим (у сполосному вологостійкому пластмасовому шлангу) захисними покриттями типів Б_в і Б_п.

Буквені позначення у маркіруванні кабелів мають наступні значення: А – жила кабелю із алюмінію (на початку марки); А – герметична оболонка із алюмінію (у середині марки); Б – броньований двома сталевими стрічками; В – оболонка із полівінілхлоридного пластику (перша і друга букви на початку марки); Г – не мають захисних покриттів на броні; К – броньований круглими сталевими дротами (в кінці марки); Н – у гумовій оболонці; П – поліетиленова ізоляція (перша або друга буква на початку марки); П – броньована плоским

сталевим дротом (в кінці марки); С – з оболонкою із свинцю; Б_л, Б_в – кабелі броньовані сталевими стрічками з різною подушкою, Б_н – броня з негорючим зовнішнім покривом. Нормальні захисні покриття кабелів складаються з бітуму і кабельних прядок, щої просочені бітумом.

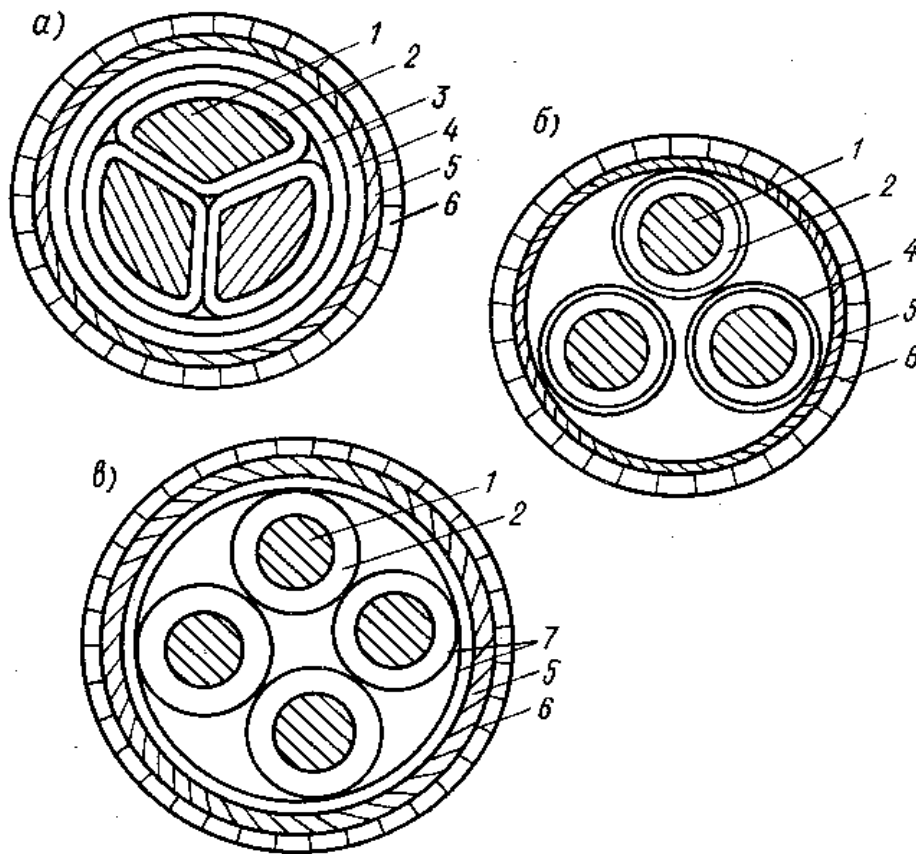


Рис. 4.6 - Конструкція кабелів 1...35 кВ:

а – кабель на напругу 1...10 кВ з паперовою ізоляцією; б – те ж, з гумовою; в – те ж на напругу 20 і 35 кВ; 1 – струмопровідна сила; 2 – фазна ізоляція; 3 – те ж, поясна; 4 – свинцева або алюмінієва оболонка; 5 – броня; 6 – захисні покриття; 7 – обмотка стрічкою

У теперішній час застосовують, як правило, кабелі з алюмінієвими жилами в алюмінієвій або пластмасовій оболонці.

Вибір перерізу кабельної лінії виконують за нормативним значенням щільності потоку. Переріз жили кабелю повинен задовольняти умовам допустимого нагріву в нормальних й післяаварійних режимах. Для кожної кабельної лінії встановлюють допустимі струмові навантаження, які

визначаються по ділянці траси з найбільш поганими тепловими умовами при довжині ділянки не менше 10 м.

При прокладанні траси кабельної лінії треба уникати ділянки з агресивними ґрунтами відносно металевих оболонок кабелів. Укладають кабелі з запасом по довжині з урахуванням можливих зсувів ґрунту і температурних деформацій самого кабелю. Особливу увагу приділяють захисту від можливих механічних пошкоджень кабелю і дотриманню температурного режиму.

З'єднання відрізків кабелю і заробляння кабелю виконують за допомогою кінцевих з'єднальних муфт. Число з'єднальних муфт ліній, що прокладаються, на 1 км повинно бути не більше 4...6 штук, залежно від напруги і перерізу кабелю.

4.5. Споживачі електричної енергії

Вводно-розподільне обладнання будинків (ВРО) здійснює приймання і розподіл електричної енергії в тупиках. Конструктивно ВРО – це панелі шафового типорозміру 1700×800×450 мм, обладнані апаратами управління, захисту, обліку й вимірювальними приладами.

Встановлюють ВРО в електрощитових приміщеннях і сходових клітках. У малоповерхових будинках, які не мають загальних сходових кліток, їх розміщують поза будинком у металевій шафі.

Внутрішні електропроводки будинків поділяються на живильні, розподільні й групові мережі.

Живильні мережі прокладають від ВРО до групових пунктів освітлення. Розподільні мережі живлять силові електроприймачі. Групові мережі розміщують від щитків освітлення до світильників та розеток у приміщеннях.

За способом прокладання внутрішні мережі можуть бути відкритими й прихованими.

При *відкритій провідці* кабелі й проводи прокладають по поверхні стін, стелі, на ізоляторах і в трубах. При *прихованій провідці* кабелі й проводи прокладають усередині елементів будинків у стінах, підлогах, перекриттях. У цих випадках кабелі й проводи розміщують в трубах, каналах, порожнинах будівельних конструкцій, під штукатуркою.

Вибір виду електропроводки залежить від умов навколишнього середовища з урахуванням вологості й температури повітря, наявності пилу, хімічно агресивного середовища та пожежної безпеки.

4.6. Витрата електричної енергії. Задачі й методи розрахунку електричних навантажень

4.6.1. Витрата електричної енергії

Основними споживачами електроенергії, що виробляється на електростанціях, є промислові підприємства, житлово-побутові об'єкти, електрифікований транспорт. Частина енергії витрачається на потреби самих електростанцій.

Основним методом розрахунку і прогнозування електроспоживання є *прямий розрахунок*, заснований на застосуванні укрупнених питомих норм або узагальнених показників витрати електроенергії з урахуванням планових даних з розвитку галузей народного господарства. Для промислових потреб навантаження встановлюються за технологічними даними, а для інших розраховуються за діючими нормативами.

Потреба електроенергії W (кВт·год.) промисловими підприємствами може бути визначена наступним чином: 1) для діючих підприємств, які не реконструювались, – на основі звітного періоду електроспоживання з урахуванням тенденцій його зміни на перспективу; 2) для підприємств, які реконструювались або утворились, - на основі річного обсягу продукції M і питомих норм витрати електроенергії $W_{\text{пит}}$ (кВт·год.):

$$W = W_{\text{пит}} \cdot M. \quad (4.1)$$

Споживачі електроенергії, що витрачається на комунально-побутові потреби, поділяються на житлові і громадські сектори. Середні значення питомих норм витрати електроенергії таких споживачів множаться на такі коефіцієнти для різних груп міст:

для крупних й дуже крупних міст (200...500 тис. чол.)	1,1
для великих міст (100...250 тис. чол.)	1,0
для середніх міст (50...100 тис. чол.	0,97
для малих міст (менше 50 тис. чол.)	0,73

Витрата (кВт·год.) електроенергії на потреби побуту і галузі обслуговування міст оцінюється на основі даних про кількість населення міста і питомих норм витрати електроенергії, що наведені нижче.

<i>Житловий сектор</i>		<i>Громадський сектор</i>	
Освітлення	140	Освітлення громадських будівель	105
Прилади	240	Освітлення вулиць	34
Приготування їжі	70	Комунально-громадські підприємства	137
Низькотемпературні процеси	50	Водопровід	162
		Приготування їжі	72
		Кондиціювання	2
		Опалення	4
		Інші	65

Із цих даних випливає, що на одну людину передбачається витрата електроенергії в кількості 1090 кВт·год.

В основі визначення розрахункових навантажень житлових будівель лежить розрахункове навантаження на одного споживача, в якості якого виступає родина або квартира.

Розрахункове активне навантаження на вводі в житлову будівлю $P_{ж.буд.}$ визначається таким чином:

$$P_{ж.буд.} = P_{кв} + K_{н.мах} P_c, \quad (4.2)$$

де $P_{кв}$ – розрахункове навантаження від квартир; $K_{н.мах}$ – коефіцієнт незбігу максимумів навантаження від квартир і силових електроприймачів; P_c – розрахункове навантаження силових електроприймачів.

Електричні навантаження зовнішнього освітлення орієнтовно визначають виходячи із витрати 40...50 Вт на 1 м довжини міських проїздів. Сумарне розрахункове навантаження трансформаторних підстанцій P_p визначається сумою навантажень P_i з урахуванням коефіцієнтів незбігу максимумів $K_{н.мах}$:

$$P_p = P_{н.б} + \sum K_{н.мах} P_i, \quad (4.3)$$

де $P_{н.б}$ – найбільше розрахункове навантаження на одного із споживачів.

Витрати електроенергії на потреби самих теплових електростанцій – теплоелектростанцій, конденсаційних (КЕС) і примикаючих до них підстанцій – залежать від виду палива і одиничної потужності агрегатів. Максимальне навантаження потреб самих електростанцій може приблизно оцінюватись у відсотках від встановленої потужності:

	$P_{с.н}, \%$
ТЕС пилувугільна	8...14
ТЕС газомазутна	5... 7
КЕС пилувугільна	6... 8
КЕС газомазутна	3... 5

Витрата електроенергії пов'язана з її передаванням і розподілом в електричних мережах, досягає за останні 10...15 років у мережах загального користування приблизно 9 % від надходження електроенергії. Орієнтовні значення втрат у мережах наведені нижче.

Напруга, кВ	150...110	35...20	10...6	0,4
Втрати, %	3,5...4,5	2,5...3,5	3,5...4,5	0,5...1,5

4.6.2. Задачі й методи розрахунку електричних навантажень

Електричне навантаження – це вихідна величина для вибору всіх елементів електричної мережі. Розрахунок електричних навантажень виконують від нижчих до вищих ступенів системи електропостачання, він включає два етапи:

1. Визначення навантаження на вході до кожного споживача.
2. Розрахунок окремих елементів мережі.

Електричні навантаження визначають режими електричних мереж, на основі яких вирішуються задачі визначення наступних параметрів:

завантаження елементів мережі, відповідності пропускної здатності мережі потокам потужності, що очікуються;

перерізу дротів і кабелів, потужності трансформаторів;

рівня напруги у вузлах і елементах мережі;

рівня струмів короткого замикання (КЗ);

інтегральних показників умов роботи мережі у цілому за тривалий період (рік);

енергії, що передається, середніх значень параметрів режиму (напруг у вузлах, щільності струму в лініях, завантаження трансформаторів).

При аналізі встановлених режимів електричних мереж, що очікуються в перспективі, розрізняють розрахункові, тривалі або регулярні потоки потужності, які мають місце в нормальних режимах енергосистем і розрахункові максимальні нерегулярні потоки, що визначаються випадковими відхиленнями від нормальних режимів.

Найбільші добові розрахункові режими регулярних потоків потужності визначаються максимальним навантаженням у зимові дні (звичайно в період від

18 до 19 год. робочого дня всередині неділі грудня), в літні дні (звичайно в період 20...24 год., частіше у зв'язку з проведенням капітальних ремонтів у системі електропостачання).

Максимальні значення нерегулярних потоків потужності збігаються з післяаварійними режимами, які виникають при відключенні найбільш завантажених ліній, трансформаторів й при мобілізації аварійного резерву для передачі його в інші частини системи. Встановлена потужність енергоспоживачів визначається на основі питомих розрахункових електричних навантажень.

Методика визначення питомих розрахункових навантажень житлово-комунального сектора наводиться у нормах на основі досліджень, проведених Академією комунального господарства.

Розрахункове електричне навантаження житлових будинків складається з навантажень квартир і загальнобудинкових силових електроприймачів (електродвигунів ліфтів, вентиляторів і т.п.).

Для житлових будинків ВСН регламентує два характерних режими електроспоживання з застосуванням найбільш типових електроприладів: 1) для газифікованих квартир; 2) квартир з електроплитами.

Розрахункове навантаження квартир $P_{кв}$ визначають за формулою, кВт

$$P_{кв} = P_{кв.пит.} \cdot n, \quad (4.4)$$

де $P_{кв.пит.}$ - питоме розрахункове навантаження електроприймачів квартир, що обладнані електроплитами (табл. 4.1);
 n - кількість квартир у будинку.

Розрахункове навантаження ліфтових установок, кВт:

$$P_n = k_n \sum_{i=1}^n D_i , \quad (4.5)$$

де k_n – коефіцієнт попиту, що залежить від кількості ліфтових установок та поверхів будинку (табл.4.1);

n – кількість ліфтів у секції будинку;

D_i – установлена потужність двигунів, $P_i=4,5$ кВт.

Таблиця 4.2 - Значення коефіцієнтів попиту ліфтових установок

Кількість ліфтових установок	Коефіцієнт попиту для будинків висотою	
	до 12 поверхів	12 поверхів і вище
2-3	0,8	0,9
4-5	0,7	0,8
6-7	0,6	0,7
8-10	0,5	0,6
11-20	0,4	0,5
понад 20	0,35	0,4

У житлових будинках понад 9 поверхів передбачається система димовідведення. З цією метою в кожній сходовій клітці встановлюють один вентилятор на припливній установці потужністю $P_n = 10$ кВт і один на витяжній установці потужністю $P_b = 10$ кВт.

Розрахункове навантаження двигунів силових установок розраховують за формулою, кВт

$$P_{ДВ} = (P_{П} + P_{В}) \cdot n , \quad (4.6)$$

де n -кількість секцій у будинку.

Загальне розрахункове навантаження житлового будинку визначають як суму освітлювального й силового навантаження, кВт:

$$P_{жб} = P_{кв} (\cos \varphi_{кв} + 0.9P_{л}) (\cos \varphi_{л} + P_{об}) \cos \varphi_{об} , \quad (4.7)$$

де $\cos \varphi_{кв}$, $\cos \varphi_{л}$, $\cos \varphi_{об}$ - розрахункові значення коефіцієнтів потужності (табл. 4.3).

Таблиця 4.1 - Питоме розрахункове навантаження електроприймачів квартир

Споживачі електроенергії	Питоме розрахункове навантаження електроприймачів при кількості квартир, кВт на 1 квартиру									
	1...3	6	12	18	24	40	60	100	200	400
Квартири з плитами:										
на природному газі	4,5	2,3	1,45	1,15	1,0	0,8	0,7	0,6	0,5	0,45
на скрапленому газі й твердому паливі	5,0	2,6	1,65 *	1,35	1,15	1,0	0,9	0,8	0,75	0,7
електричними потужністю до 5,9кВт	6,0	3,2	2,4	2,0	1,8	1,5	1,3	1,15	1,0	0,9
електричними потужністю 5,9...8 кВт	7,0	4,0	2,5	2,0	1,8	1,5	1,3	1,15	1,0	0,9

- Примітки:** 1. Розрахункове навантаження кількості квартир, що не вказане в таблиці, визначають інтерполяцією.
 2. Питоме розрахункове навантаження квартир враховує навантаження освітлення загальнобудинкових приміщень (сходів, ліфтових холів, вестибюлів, технічних підвалів, сміттєзбірних камер та ін.).

Таблиця 4.3 - Значення коефіцієнтів потужності живильних ліній житлових будинків

Споживачі, підключені до живильних ліній	Розрахункові значення коефіцієнтів потужності
1. Квартири: - з електричними кухонними плитами - з кухонними плитами на природному газі, скрапленому газі й твердому паливі	0,98
	0,96
2. Насоси, вентилятори	0,85
3. Ліфти	0,6

Розрахункове навантаження окремих об'єктів низьковольтної мережі P_p визначають, виходячи із встановленої потужності $P_{вст}$ і коефіцієнта попиту k_p (табл. 5.3), який являє собою відношення розрахункової потужності P_{max} до встановленої потужності $P_{вст}$ електроприймачів:

$$P_p = P_{вст} \cdot k_p, \quad (4.8)$$

Значення k_p для різних видів електроспоживачів приводяться у довідниках з розрахунку міських електричних мереж.

Таблиця 4.4 – Коефіцієнти попиту для розрахунку групових ліній робочого освітлення ліній живлення

Підприємства та організації	Встановлена потужність електричного освітлення, кВт				
	до 25	25...50	51...100	101...500	500
Готелі, навчальні заклади	0,6	0,5	0,45	0,4	0,3
Підприємства громадського харчування	0,8	0,75	0,7	0,65	0,5
Підприємства торгівлі	0,9	0,85	0,8	0,75	0,65

Одним з важливіших завдань розрахунків електричних мереж є визначення параметрів елементів мережі, вибір перерізу дротів.

Основний спосіб визначення перерізу дроту в нормальному режимі пов'язаний з вибором дроту за економічною щільністю струму. Подальші

розрахунки визначають відповідність обраних дротів технічним обмеженням умов експлуатації. Мережі високої напруги 110 кВ перевіряють на допустимі втрати напруги. Для мереж 10 кВ і нижче перевірка здійснюється за умовами допустимого навантаження з нагріву. Перевірка за умов нагріву дротів струмами короткого замикання проводиться для мереж, які не захищені плавкими вставками. Перерізи дротів перевіряють також в розрахункових аварійних режимах, де перевантаження кабелів можливе до 30 %.

4.7. Методи прокладання силових електричних мереж

Методи прокладання силових електричних мереж: 1- роздільний, 2- суміщений.

Повітряні лінії електричних мереж

Розташовують повітряні лінії, як правило, вздовж залізничних та шосейних доріг, що забезпечує під'їзд до них на час проведення періодичних оглядів і ремонтів.

На міській території повітряні електричні мережі проходять у місцях, що не підлягають забудові (байраки, яри та ін.). Застосовують їх у містах лише в окремих випадках для постачальних ліній 6...10 кВт, що не мають проміжних відводів, або для зовнішнього освітлення вулиць напругою 220/380В.

Висота підвішування проводів над землею залежить від напруги лінії та її розміщення на місцевості: у сільській місцевості при нарузі до 110кВ не менше як 7м, у заселеній - 6м, важкодоступній - 5м. Для повітряних ліній напругою до 1 кВ це віддалення у сільській місцевості повинно бути не менше 6 у важкодоступній - 3.5м.

Кабельні електричні мережі

У системах електропостачання міст найбільше поширення набуло прокладання кабелів у траншеях (рис. 4.7). В одній траншеї допускається прокласти не більше шести кабелів. Можливе прокладання кабелів у азбестоцементних та бетонних трубах (рис. 4.8). Конструкція кабелів залежить від призначення та напруги електролінії. Струмоведучі жили кабелю виконують з алюмінію та міді, як ізоляцію використовують папір, просочений масло-каніфольною масою, гуму і поліетилен.

Струмоведучі жили кабелю захищають від проникнення вологи оболонкою з алюмінію, свинцю або пластмаси. Для захисту від механічних пошкоджень кабель укривають бронею із сталевих стрічок. Від дії підземної корозії та блукаючих струмів броню вкривають дисутовою пряжею, просоченою бітумом. Нормальний строк дії підземного кабеля - 30 років.

У прохідних каналах кабелі прокладають без броні, що знижує вартість електроліній, поліпшує їх профілактику й ремонт. Кабелі лінії розміщують на відстані не менше 2-х стовбурів дерев і 0,6 м від фундаменту будинку.

При прокладанні кабельних ліній безпосередньо в землі кабелі прокладають у траншеях (табл. 4.5) і мають знизу підсіпку, а зверху засипку шаром ґрунту, який не вміщує каменів. Захист від механічних пошкоджень заключається у встановленні залізобетонних плит товщиною не менше 50 мм для напруги більше 35 кВ, при нарузі нижче 35 кВ – плит або в укладанні поверх кабелю звичайної цегли в один шар поперек траси (табл. 4.5).

Таблиця 4.5 – Розміри траншей для прокладки кабелів напругою до 10 кВ

Тип траншеї	Число кабелів у траншеї	Ширина траншеї (по дну), мм	
		із захистом кабелю	без захисту кабелю
T=1	1	350	350
T=2	2	470	350
T=3	3	600	600
T=4	4	720	650

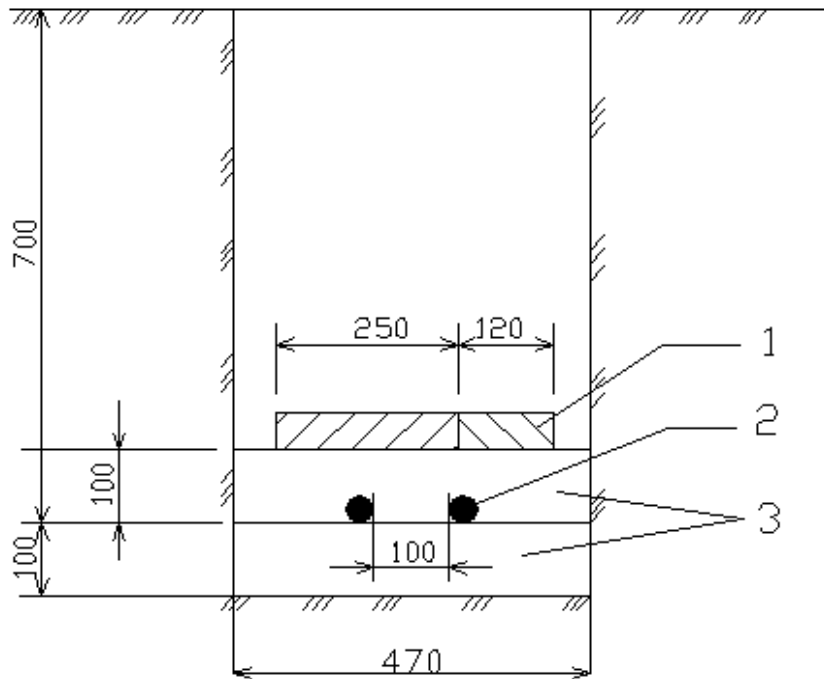


Рис. 4.7 - Прокладання кабелю в траншеї:
1-цеглина; 2-кабель; 3-пісок

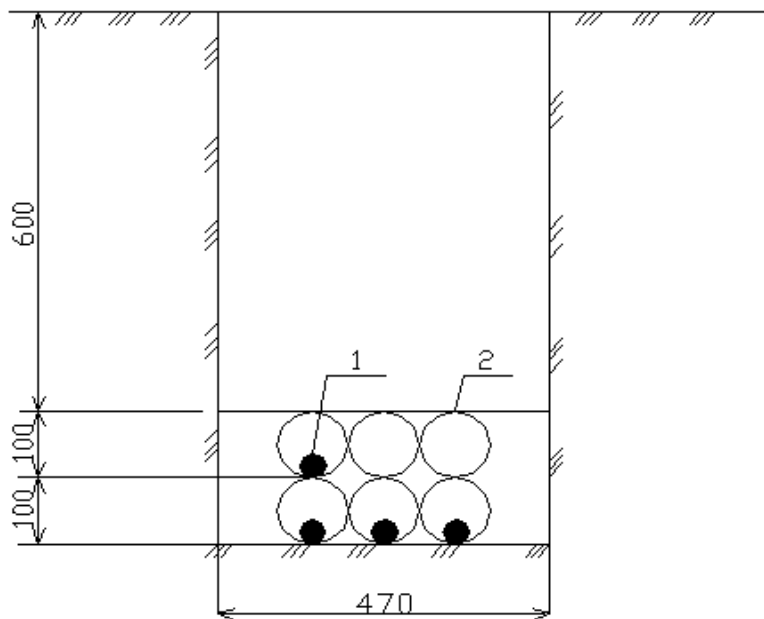


Рис. 4.8 - Прокладання кабелю в азбестоцементній трубі:
1-кабель; 2- азбестоцементна труба(d=100 мм)

Глибина закладання (м) кабельних ліній від відмітки планування повинна бути не менше:

- для ліній до 20 кВ 0,7
- для ліній до 35 кВ 1
- для мастилонаповнених кабелів 110...220 кВ . . . 1,5

Зменшення глибини прокладки до 0,5 м допускається для введів у будівлі і промислові споруди.

При мініконфігурації траси радіуси вигину кабелів слід обирати залежно від конструкції кабелю, точніше від матеріалу ізоляції і оболонки кабелю. При низьких температурах зовнішнього повітря прокладку кабелів допускається виконувати тільки після прогріву. Якщо траса кабельної лінії проходить через ділянки, насичені різними комунікаціями, а також існує необхідність захисту кабелів від механічних пошкоджень і блукаючих струмів, то застосовують блоки. Блоки споруджують переважно із залізобетонних панелей або азбоцементних труб.

Інший можливий спосіб прокладки кабелів – кабельні канали й тунелі. Він застосовується при числі кабелів в одному напрямку більше 20. Дані конструкції виконують із збірного залізобетону і засипають зверху плит шаром землі не менше 30 см (рис. 4.9).

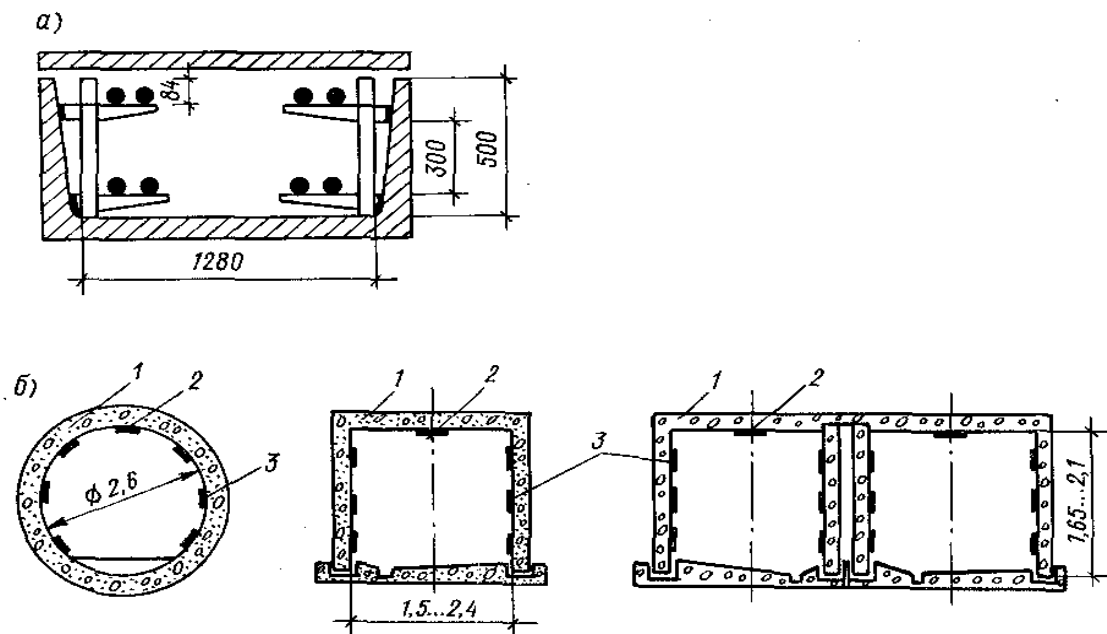


Рис. 4.9 - Види кабельної каналізації:

а – в каналах; б – в тунелях; 1 – блок тунелю; 2 – закладна деталь для світильника;
3 – те ж для кабельної конструкції (розміри в м)

Прокладка електричних ліній через перешкоди

При прокладанні кабельних і повітряних ліній міського електропостачання доводиться подолати різного роду перешкоди, обумовлені як природними факторами, так і розвитком міської інфраструктури. Проходження ліній через такі перешкоди потребує дотримання додаткових правил, які можуть стати визначальними при виборі і прокладанні траси електричних мереж. Кабельні лінії, які перетинають водні перешкоди, виконуються кабелем, броньованим круглим дротом. Використовують кабелі однієї будівельної довжини, тобто без застосування з'єднальних муфт. Нитка кабелю, як правило, занурюється в дно водних перешкод на глибину не менше 1 м, а на берегах передбачається його резерв довжиною не менше 10 м. Траса ліній може проходити по мостах і шляхопроводах. На мостах з інтенсивним рухом транспорту рекомендується до застосування броньовані кабелі в алюмінієвій оболонці. ПУЕ допускають прокладку кабельних ліній по мостах в азбоцементних трубах. При цьому необхідно передбачати заходи щодо запобігання виникненню механічних зусиль у місцях переходу з конструкцій мостів до устоїв. В земляних плотинах, дамбах і пірсах прокладка здійснюється в земляній траншеї глибиною не менше 1 м.

Перетин кабельної лінії залізничних і автомобільних доріг здійснюється в тунелях, блоках або трубах на глибині не менше 1 м від полотна дороги.

Для повітряних ліній передачі при перетині із залізничними й автомобільними дорогами, водними перешкодами застосовуються спеціальні посилені (анкерні) опори і нормуються найменші відстані до дротів високовольтної лінії (ВЛ).

На рис. 4.10 наведена принципова схема електропостачання від джерела до споживача.

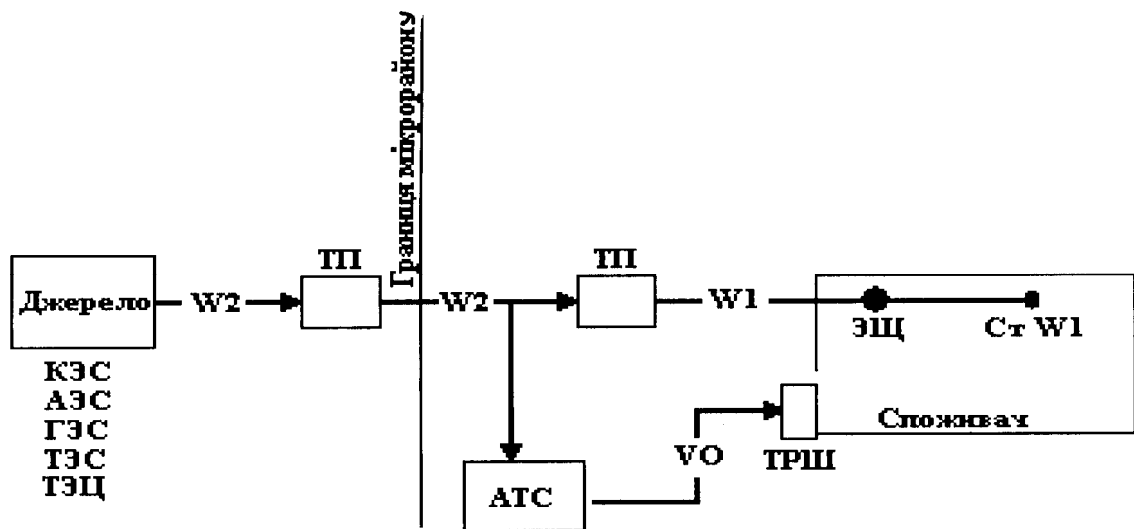


Рис. 4.10 – Принципова схема електропостачання

4.8. Особливості трасування, прокладки і влаштування телефонних кабельних мереж

Телефонні кабельні мережі є необхідною приналежністю міського господарства. Основи прокладки і влаштування цих мереж збігаються з принципами побудови силових електричних мереж.

Джерелом телефонізації служить автоматична телефонна станція (АТС). Введення кабелів у будинки від міської АТС здійснюється з телефонних розподільних шаф (ТРЩ), установлюваних на зовнішніх стінах і в сходових клітках будинків або безпосередньо від комутаційного щита міської телефонної мережі.

Прокладку траси міської телефонної мережі (МТМ) виконують на основі робочих креслень. Вона передбачає монтаж трубопроводів, каналів, шахт і оглядових пристроїв, які призначені для прокладки і експлуатації кабелів зв'язку.

Основним елементом МТМ є підземні трубопроводи, які прокладаються під пішохідними й проїзними частинами вулиць. Трубопроводи збирають із окремих труб і блоків з загальною кількістю отворів (каналів) від 1 до 48 і більше. По трасі трубопроводи розділяються на окремі ділянки (прольоти)

довжиною до 150 м, які з'єднані між собою підземними оглядовими пристроями (колодзями).

На рис. 4.11 наведені основні форми й розміри труб і блоків кабельної каналізації. При прокладанні бетонних блоків кабельної каналізації потрібна перевірка якості стику елементів, що з'єднуються, з наступною обмазкою місця з'єднання цементно-піщаним розчином. Бетонні труби допускають прокладку в декілька рядків з зсувом стиків верхнього ряду на 150...200 мм відносно стиків нижнього ряду. В кабельній каналізації МТС використовуються також поліетиленові труби, які застосовують в особливих умовах транспортування, зберігання і прокладки. Поліетиленові труби використовують переважно для малих і однорядних блоків, для тупикових ділянок і введів у будівлі.

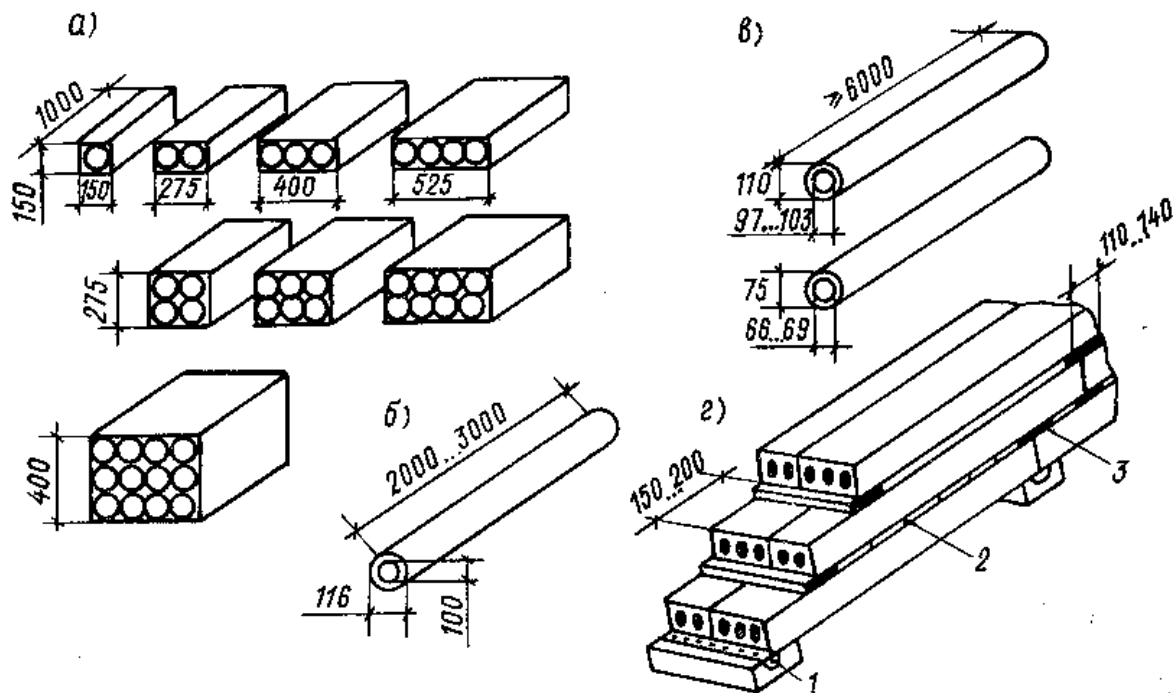


Рис. 4.11 - Конструкція труб і блоків кабельної каналізації:

а – труби бетонні; б – те ж азбестоцементні; в – поліетиленові; г – блоки із декількох рядків бетонних труб; 1 – залізобетонна прокладка; 2 – пісок; 3 – цементно-піщана суміш

До оглядових пристроїв МТМ відносяться колодязі кабельного каналізаційного зв'язку. При розробці проекту конкретного об'єкта визначають тип колодязю (з урахуванням перспективи розвитку кабельної мережі на

заданий період) і способи гідроізоляції для запобігання порушенню колодязів у ґрунтах, схильних до різних зсувів.

Кабельні телефонні мережі виконують також на стовбурах ліній зв'язку. Така лінія зв'язку починається з кабельної опори, яка обладнана кабельними ящиками і кабельним майданчиком. Опори лінії встановлюють, як правило, на пішохідній частині вулиць, а кабель підвішують на семижильному сталевому канаті. При проведенні МТМ по дахах будівель й для підвіски розподільних кабелів застосовують стоїчні лінії. Траса прокладається по стоїчних опорах, які встановлені, як правило, по гребнях дахів. Довжина прольоту між опорами не повинна перевищувати 80 м. Для кожної стоїчної опори передбачається безпечний підхід з робочого майданчика для проведення ремонтно-відновлювальних робіт.

Ввід кабелів у будівлю від міської АТС здійснюється або з розподільних шаф, або безпосередньо від комутаційного щита МТМ. Він може бути підземним або повітряним.

При підземному способі кабель по опорі опускають у ґрунт і подають в будівлю по кабельній каналізації або застосовують броньований кабель.

Підземна кабельна каналізація вводиться безпосередньо в технічне підпілля, а також на зовнішні стіни бокових фасадів через колектори малого перерізу. Можливий підвід до стін будівлі броньованого кабелю з виводом по трубопроводам на стіну.

Перед здачею кабельної лінії міських мереж зв'язку до експлуатації виконують ряд вимірювань і перевірок електричних параметрів, а також симетрування ліній зв'язку.

Для запобігання попаданню вологи в кабель при пошкодженнях і забезпечення систематичного контролю оболонки і муфт кабель встановлюють під постійний надлишковий повітряний тиск (0,05-0,1 МПа). Для утримання кабелів МТМ під надлишковим тиском використовують стаціонарні й

пересувні компресорні установки. При експлуатації кабелів контролюють величину повітряного тиску, а також витрату повітря, що нагнітається в кабель.

До міських кабельних мереж застосовують заходи щодо захисту частин МТМ від корозії. Основні причини корозії оболонок кабелю: струми витоку електричних установок постійного струму (в основному від електрифікованого транспорту), електричні процеси в агресивному середовищі ґрунту. Для захисту від корозії застосовують наступні засоби: ізолюючі захисні покриття, ізолюючі трубки і колектори, укладка кабелів, а також електрохімічний захист катодними установками.

Приклади розрахунків

Приклад. 4.1. Визначити розрахункові навантаження для житлових газифікованих будівель. Один з будинків 40-квартирний, інший 200-квартирний. Житлова площа квартир по 35 м², другий будинок має чотири ліфтових установки ($P_{\text{двиг}}=5$ кВт).

Питомі навантаження на квартиру визначають за табл. 4.1. За формулою (4.4) для розрахункового навантаження лінії, яка живить 40-квартирний будинок (при відсутності нежитлових приміщень та силового навантаження):

$$P_{\text{кв}} = P_{\text{кв.нит.}} \cdot n \cdot 1,05 = 0,7 \cdot 40 \cdot 1,05 = 29,4 \text{ кВт}$$

(коефіцієнт 1,05 відображає збільшення на 1 % для 1 м² додаткової (більше 30 м²) площі помешкань).

Для лінії, що живить будинки з ліфтовими установками, розрахункове навантаження визначається тим самим способом:

$$P_{\text{кв}} = P_{\text{кв.нит.}} \cdot n \cdot 1,05 = 0,45 \cdot 200 \cdot 1,05 = 94,5 \text{ кВт}$$

Розрахункове навантаження ліфтових двигунів визначається за формулою (4.5). Коефіцієнт попиту ліфтових установок $k_n = 0,8$ (табл. 4.2).

$$P_{\text{л}} = k_n \sum_{i=1}^n D_i = 0,8 \cdot 20 = 16 \text{ кВт.}$$

Сумарне розрахункове навантаження лінії, що живить другий будинок (формула (4.3)):

$$P_p = P_{н.б} + \sum \kappa_{н.мах} P_i.$$

Коефіцієнт незбігу максимумів навантаження від квартир і силових електроприймачів $\kappa_{н.мах}=0,9$. Тоді

$$P_p = 94,5 + 0,9 \cdot 16 = 108,9 \text{ кВт.}$$

Контрольні запитання

1. Призначення систем електропостачання і їхні джерела.
2. За якими ознаками класифікують системи електропостачання?
3. Які джерела використовують в системах електропостачання?
4. На які види схем за конфігурацією поділяються розподільчі мережі?
5. На які категорії поділяються електроприймачі споживачів?
6. На які зони поділяється схема міської електричної мережі?
7. Назвіть елементи влаштування повітряних електричних мереж.
8. Назвіть елементи влаштування кабельних електричних мереж.
9. Назвіть призначення й місця розташування ВРО.
10. Як визначають розрахункові електричні навантаження житлових будинків?
11. Назвіть задачі розрахунку електричних навантажень.
12. Назвіть методи прокладання силових електричних мереж.
13. Які особливості прокладання електричних ліній через перешкоди?
14. Назвіть особливості влаштування телефонних мереж.
15. Назвіть методи прокладання телефонних мереж.

5. ГАЗОПОСТАЧАННЯ

5.1. Призначення, класифікація, влаштування систем газопостачання

Призначення систем газопостачання

Системи газопостачання призначені для транспортування і розподілу газу між споживачами на побутові, комунально-побутові й технологічні потреби.

Газопостачання міст може здійснюватися природним газом, що добувається з надр землі, зрідженим газом, одержуваним з побіжного нафтового газу, і коксовим газом, вироблюваним на заводах шляхом термічної обробки твердого палива без доступу повітря. У порівнянні з твердим газоподібне паливо має такі переваги:

- воно, як правило, більш економічне;
- поліпшує санітарно-гігієнічний стан міста (відсутність викиду в атмосферу вугільного пилу, золи і сірчистих газів);
- полегшує працю людини в побуті і на виробництві;
- звільняє внутрішньоміський транспорт від перевезень палива і територію міста від складів палива і відвалів золи та шлаку;
- застосування газу полегшує автоматизацію теплових виробничих процесів і скорочує чисельність обслуговуючого персоналу, дозволяє здійснити економічно ефективні технологічні процеси.

Найбільшу цінність для газопостачання міст становлять природні гази, що складаються, головним чином, з вуглеводів метанового ряду. Особливістю природних газів є їхня висока теплотворна здатність, низький вміст баласту і для більшості родовищ - відсутність сірководню та інших шкідливих домішок.

Газове господарство населених місць складається з таких основних споруд: газорозподільні станції ГРС (природний газ) або газові заводи (штучний газ), газгольдерні станції, зовнішні розподільні газопроводи різного

тиску, газорегуляторні пункти ГРП, відгалуження і вводи на об'єкти, які використовують газ, а також внутрішні газопроводи і прилади споживання газу.

Класифікація систем газопостачання

Основним елементом міських систем газопостачання є газопроводи, які класифікують за тиском газу і призначенням.

Залежно від максимального робочого тиску газу газопроводи підрозділяють на такі категорії:

- 1) низького тиску – з тиском газу не більше 5 кПа;
- 2) середнього тиску – з тиском газу від 5 кПа до 0,3 МПа;
- 3) високого тиску: I категорії з тиском газу більше 0,6 й до 1,2 МПа;

II категорії з тиском газу більше 0,3 й до 0,6 МПа.

Газопроводи низького тиску призначаються для постачання газом житлових і громадських будівель, а також дрібних промислових і комунально-побутових підприємств.

Газопроводи середнього і високого (II категорії) тиску прокладають для живлення розподільних газопроводів низького і середнього тиску (через газорегуляторні пункти), а також промислових і комунально-побутових підприємств (через місцеві газорегуляторні установки).

Газопроводи високого тиску (з тиском газу більше 0,6 МПа) призначені для подачі газу до міських газорегуляторних пунктів, а також до підприємств, технологічні процеси яких потребують застосування газу високого тиску.

За виглядом у плані системи розподілу газу поділяються на тупикові, кільцеві й змішані. Конфігурація газових мереж, а також робочий тиск в них в умовах міста впливають на розміщення ГРС, ГРП.

За числом ступенів тиску в газових мережах системи газопостачання поділяються на одно-, дво-, три- і багатоступінчасті (рис. 5.1). Необхідність сумісного застосування декількох ступенів тиску газу в містах виникає з-за

великої протяжності міських газопроводів, які несуть великі газові навантаження, наявності споживачів, які потребують різних тисків, через умови експлуатації та ін.

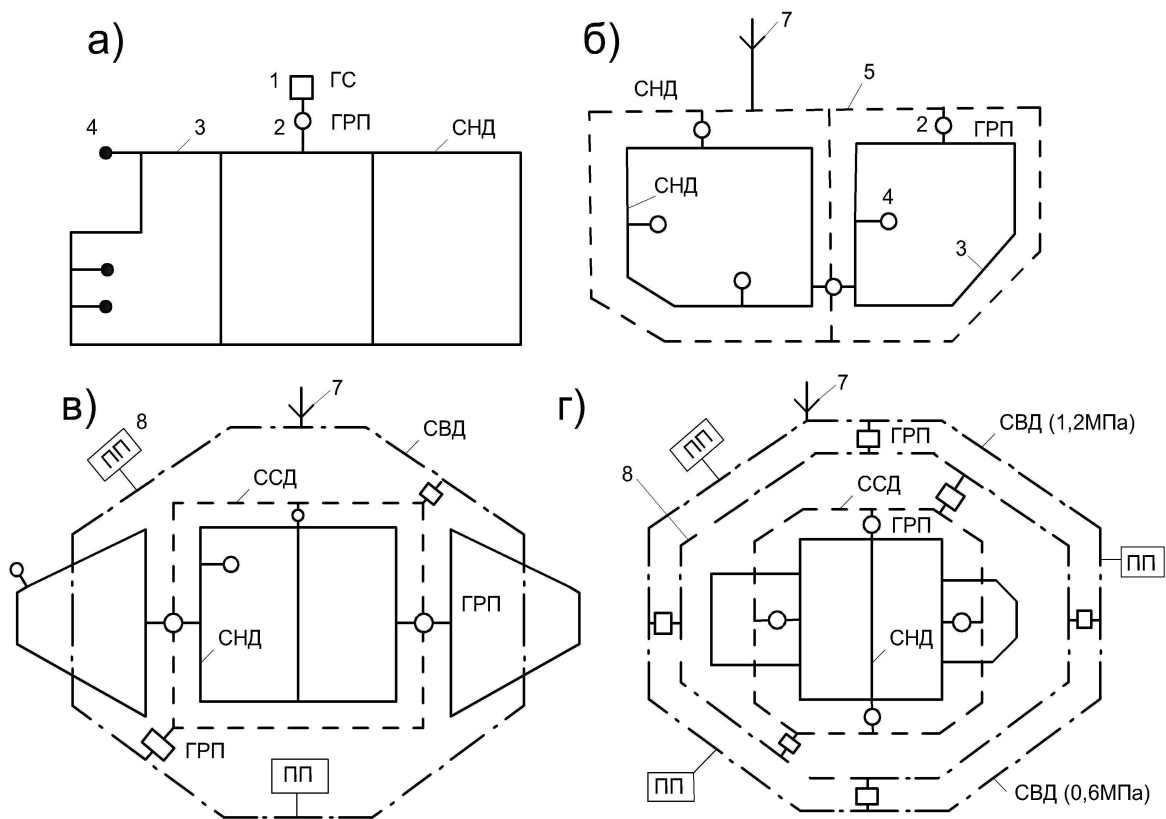


Рис. 5.1 - Системи газопостачання населених місць:

а – одноступінчаста; б – двоступінчаста; в – триступінчаста; г – багатоступінчаста; 1 – група установка газу зрідженого (ГС); 2 – газорегуляторний пункт (ГРП); 3, 5, 6 – відповідно трубопроводи низького (СНД), середнього (ССД) і високого (СВД) тиску; 4 – відгілення до споживачів; 7 – газорозподільна станція; 8 – промислове підприємство (ПП)

На рис. 5.1, а представлена схема одноступінчастої системи розподілу газу, що складається з газгольдерної станції низького тиску, кінцевого газорегуляторного пункту низького тиску, кільцевих газопроводів низького тиску, відгалужень до споживачів і тупикового газопроводу низького тиску. При живленні від однієї точки газові мережі мають великі діаметри, а розподіл газу по мережі характеризується відносно великою нерівномірністю. Тому звичайно живлення мережі газом здійснюється в декількох точках, для чого застосовують газорозподільні станції.

На рис. 5.1, б наведена схема двоступінчастої системи газопостачання. Газ середнього тиску по газопроводу підводиться до газорегуляторних пунктів, які розташовуються поза кварталом на вільних від забудови майданчиках. Із газо регуляторних пунктів після зниження тиску газ надходить до газоводів низького тиску, з яких через вводи від підводиться до внутрішньодомової мережі.

У великих містах з розвинутою промисловістю при наявності споживачів газу середнього тиску може застосовуватись три- або багатоступінчаста системи розподілу газу: високого (однієї або двох категорій), середнього і низького тиску (рис. 5.1, в, г). У цьому разі газ від джерела подається до окремих районів міста під високим тиском (рис. 5.1, г) на регуляторні пункти, які знижують тиск газу до середнього. У середині районів розташовані ГРП, що знижують тиск газу до низького. На ці станції газ надходить по газопроводах середнього тиску. Мережа низького тиску має найбільші розгалуження і протяжність.

У системі газопостачання можуть бути передбачені також комбіновані ГРП, які одночасно знижують тиск газу від високого до середнього й від середнього до низького.

Залежно від потреби у визначеному напорі газу окремі споживачі можуть підключатись до будь-якої мережі за допомогою індивідуальних регуляторних установок. Необхідність встановлення індивідуальних регуляторів тиску, які збільшують вартість будівництва і ускладнюють експлуатацію газових мереж, є недоліком розподільних мереж середнього й високого тиску.

При виборі тієї чи іншої схеми розподільної мережі слід пам'ятати, що самою раціональною з них буде та, яка задовольнить наступним основним вимогам: 1) забезпечує подачу усім споживачам розрахункової кількості газу заданого тиску; 2) має найменшу будівельну й експлуатаційну вартість; 3) надійна в роботі. Тип розподільної мережі для даного об'єкта обирають залежно від конкретних місцевих умов: характеру забудови, наявності тих чи інших споживачів, необхідного тиску газу, який надходить до об'єкта та ін.

Провести строгу класифікацію міських газопроводів за призначенням представляється задачею достатньо складною, бо структура і побудова мереж в основному визначаються ієрархічними рівнями. Але міські газопроводи можна поділити на такі три групи:

1) розподільні газопроводи, по яких газ транспортують по території, яка забезпечується газом, і подають його промисловим споживачам, комунальним підприємствам і в житлові будинки. Розподільні газопроводи бувають високого, середнього і низького тиску, кільцеві й тупикові, а їх конфігурація залежить від характеру планування міста;

2) абонентські відгалуження, що подають газ від розподільних мереж до окремих споживачів або до групи споживачів;

3) внутрішньодомові газопроводи, що транспортують газ всередині будівлі й розподіляють його по окремих приладах.

5.2. Джерела газопостачання

Для газопостачання міст і промислових підприємств у наш час широко застосовують природні гази. Їх видобувають з надр землі. Вони являють собою суміш різних вуглеводнів метанового ряду. Природні гази не містять водень, окиси вуглецю і кисню. Вміст азоту і вуглекислого газу звичайно буває невисоким. Гази деяких родовищ містять у невеликих кількостях сірководень.

Природні гази можна поділити на три групи. Гази, які видобувають з чисто газових родовищ. Вони в основному складаються з метану і є пісними або сухими. Важких вуглеводнів (від пропану й вище) сухі гази вміщують менше 50 г/м^3 .

Гази, що виділяються із свердловини нафтових родовищ сумісно з нафтою, називають попутними. Окрім метану вони містять значну кількість більш важких вуглеводнів (звичайно більше 150 г/м^3) і є жирними газами. Жирні гази являють собою суміш сухого газу, пропан-бутанової фракції і газового бензину. Гази, які видобувають із конденсатних родовищ, складаються

із суміші сухого газу й парів конденсату, який випадає при зниженні тиску (процес зворотної конденсації). Пари конденсату являють собою суміш парів важких вуглеводнів, які вміщують C_5 і вище (бензину, лігроїну, керосину). Сухі гази легше повітря, а жирні легше або важче залежно від вмісту важких вуглеводнів. Нижча теплота згоряння попутних газів вище і змінюється від 38000 до 63000 кДж/м³.

На газо-бензинових заводах з попутних газів виділяють газовий бензин – пропан-бутанову фракцію, яку використовують для газопостачання міст у вигляді зрідженого газу.

Видобування природного газу

Видобуванню природного газу передують геологічні дослідження надр землі, що супроводжуються бурінням розвідувальних свердловин до передбачуваних газоносних пластів, а також техніко-економічними обґрунтуваннями доцільності промислової розробки досліджуваного родовища.

Потужність газоносних пластів, які складаються з порід із пористою структурою, доходить іноді до сотні метрів.

Тиск газу в порях землі залежить від глибини залягання газоносного пласта. Звичайно вважають, що через кожні 10 м глибини, починаючи від поверхні землі, тиск у пласту збільшується на 0,1 МПа.

З більшості свердловин, які тепер експлуатують, дістають газ з глибини 2000 м. Отже тиск газу в пласту такої глибини становить 20 МПа. Герметичність родовищ газу пояснюється тим, що навколо газоносного шару є газонепроникні породи.

На рис. 5.2 показано схему видобування, транспортування і зберігання газу.

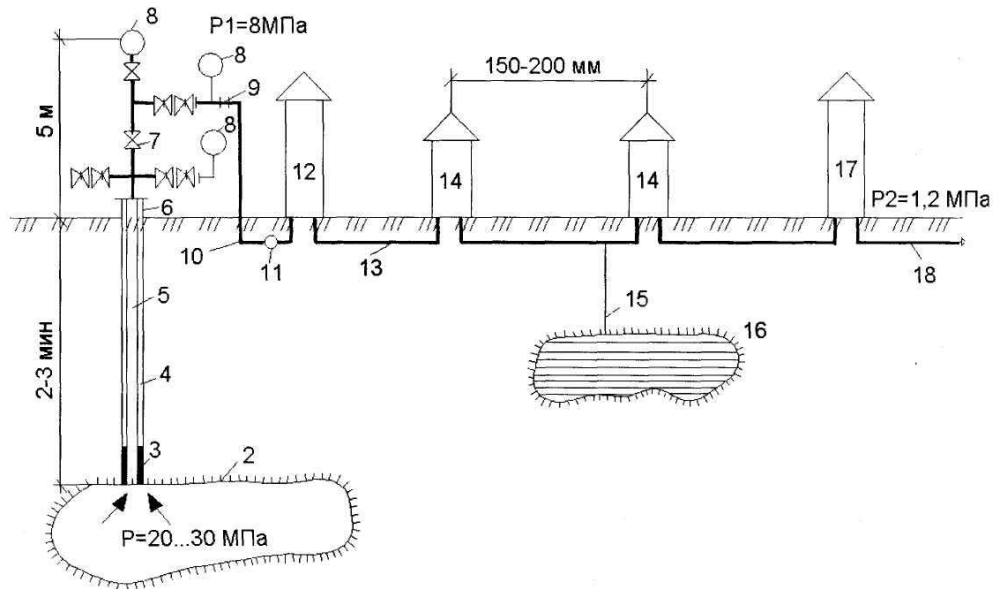


Рис. 5.2 - Схема видобування, транспортування і зберігання газу:

1 – газonosний пласт; 2 – газонепроникна порода; 3 – цементний розчин; 4 – об садна колона; 5 – фонтанна труба; 6 – устя свердловини; 7 – фонтанна „ялинка”; 8 – манометри; 9 – штуцер; 10 – газопромисловий трубопровід; 11 – колектор; 12 – промислова газорозподільна станція (ПГРС); 13 – магістральний газопровід; 14 – компресорна станція; 15 – газопровід, що з’єднує магістральний газопровід і підземне сховище газу; 16 – підземне сховище газу; 17 – газорозподільна станція; 18 – міський газопровід

Вилучають газ із газonosних пластів за допомогою свердловин, які влаштовують методом роторного, турбінного та електричного буріння.

При роторному бурінні двигун міститься на поверхні землі. Механічна енергія від двигуна до долота, що розробляє породу, передається через колону обертових бурильних труб, які нарощують у міру просування бурильного долота. Частинки вибуреної породи видаляють із свердловини так: насос бурильними трубами подає промивальний глиняний розчин, який кільцевим зазором між бурильними трубами і стінками свердловини виносить з вибою на поверхню землі розроблений ґрунт. Густина розчину, який забезпечує піднімання розроблених частинок породи, має бути більшою від густини води на 30 %.

Під час турбінного буріння двигун турбобура разом з долотом опускають у свердловину і під дією розчину, що подається під великим тиском до турбобура по нерухомих бурильних трубах, забезпечує обертання долота.

Розроблену породу і розчин видаляють так само, як і в процесі роторного буріння.

Під час електричного буріння долото обертається електродвигуном, розміщеним у свердловині.

Для запобігання обвалюванню стінок свердловини застосовують обсадні сталеві труби, які з'єднують за допомогою нарізних муфт. Всередині обсадних труб установлюють фонтанні труби, по яких газ виходить із пласта до устя свердловини. Простір між фонтанною і обсадною трубами заливають біля вибою свердловини розчином цементу на висоту 25 м. Затрубний простір свердловини також заповнюють цементним розчином.

На устя газової свердловини встановлюють фонтанну „ялинку”, крізь засувки якої забезпечують вихід газу до промислової ГРС.

Витрату газу засувками не регулюють, бо від цього вони дуже швидко виходять з ладу. Для зниження великого пластового тиску в „ялинці” є спеціальний штуцер, який, створюючи великий місцевий опір, сприяє зниженню тиску газу до 7,5 МПа.

Газ зниженого тиску надходить газозбірними мережами на промислову газорозподільну станцію, де його очищають від пилу і газового бензину, що випадає з газу при зниженні його тиску; там же обліковують кількість газу, що надходить у магістральний газопровід.

5.3. Обладнання мереж газопостачання. Газорозподільні пункти

Зберігання газу

Газгольдери, які застосовують для зберігання газу, являють собою металеві резервуари постійного об'єму циліндричної (рис. 5.3) або сферичної форми.

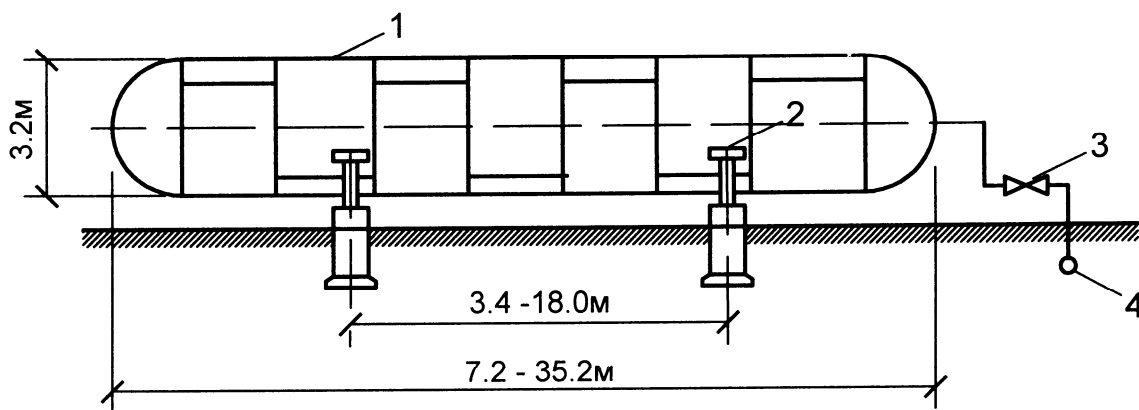


Рис. 5.3 - Газгольдер постійного об'єму:
 1 – сталев оболонка; 2 – опора; 3 – засувка; 4 – колектор

Газом газгольдер наповнюють у ті години доби, коли місто одержує газу більше, ніж витрачає. Тиск газу в газгольдерах може бути до 1,8 МПа; місткість одного газгольдера – до 2500 м³.

Розміщують газгольдери групами на спеціальних майданчиках. Циліндричні газгольдери найчастіше встановлюють у горизонтальному положенні. Через велику вартість газгольдерів їх застосовують тепер тільки в системах газопостачання великих міст.

Замість газгольдерів для зберігання добового й погодинного лишків горючого природного газу тепер широко використовують кінцеві ділянки магістральних газопроводів. Уночі, коли місто витрачає мало газу, в цих ділянках залишається невикористаною певна кількість газу і підвищується тиск у трубах. Удень, в години найбільшого споживання, газ, що нагромадився у трубах, використовують у міських газових мережах. Місячну нерівномірність споживання газу вирівнюють за допомогою газу з підземних сховищ. Для спорудження таких сховищ використовують нещільності землі, підземні виснажені водоносні пласти, куди після перевірки їх герметичності подають із магістрального газопроводу газ.

Підземні сховища газу неметаломісткі, економічні й довговічні, їх широко використовують для газопостачання міст.

Газорегуляторні пункти

У газорегуляторних пунктах (ГРП) знижується тиск газу, його очищають від механічних домішок і в деяких випадках обліковують кількість газу, який пройшов.

Залежно від призначення ГРП бувають міські, які живлять газом високого або середнього тиску мережі загальноміської системи розподілу газу, районні, які подають газ низького тиску в міські райони або квартали, об'єктні, які живлять газом високого, середнього або низького тиску промислові й комунальні підприємства та окремі споруди.

Будівлі міських і районних ГРП розміщують звичайно всередині мікрорайону або кварталу в зеленій смузі на відстані не менше 10 м від будівель і споруд.

Об'єктні ГРП розміщують безпосередньо на території промислових і комунальних підприємств в окремих будівлях або прибудовах.

До складу основного технологічного обладнання ГРП (рис. 5.4) входять: фільтр для очищення газу від пилу; регулятор тиску, який знижує тиск до заданої величини; запобіжний запірний клапан, який припиняє подачу газу споживачеві, коли регулятор тиску не забезпечує потрібного зниження тиску газу; гідрозатвор, який скидає газ в атмосферу, щоб не допустити підвищення тиску газу на виході з ГРП і щоб не закрився запобіжний клапан. Обвідний газопровід служить для забезпечення безперебійного газопостачання споживачів на випадок виходу з ладу регулятора тиску. Якщо газ пропускають через обвідний газопровід, тиск його регулюють вручну за допомогою засувок обвідної лінії. Через продувальний трубопровід видаляють повітря з трубопроводів ГРП під тиском газу. Продувають недовго, до повного видалення повітря.

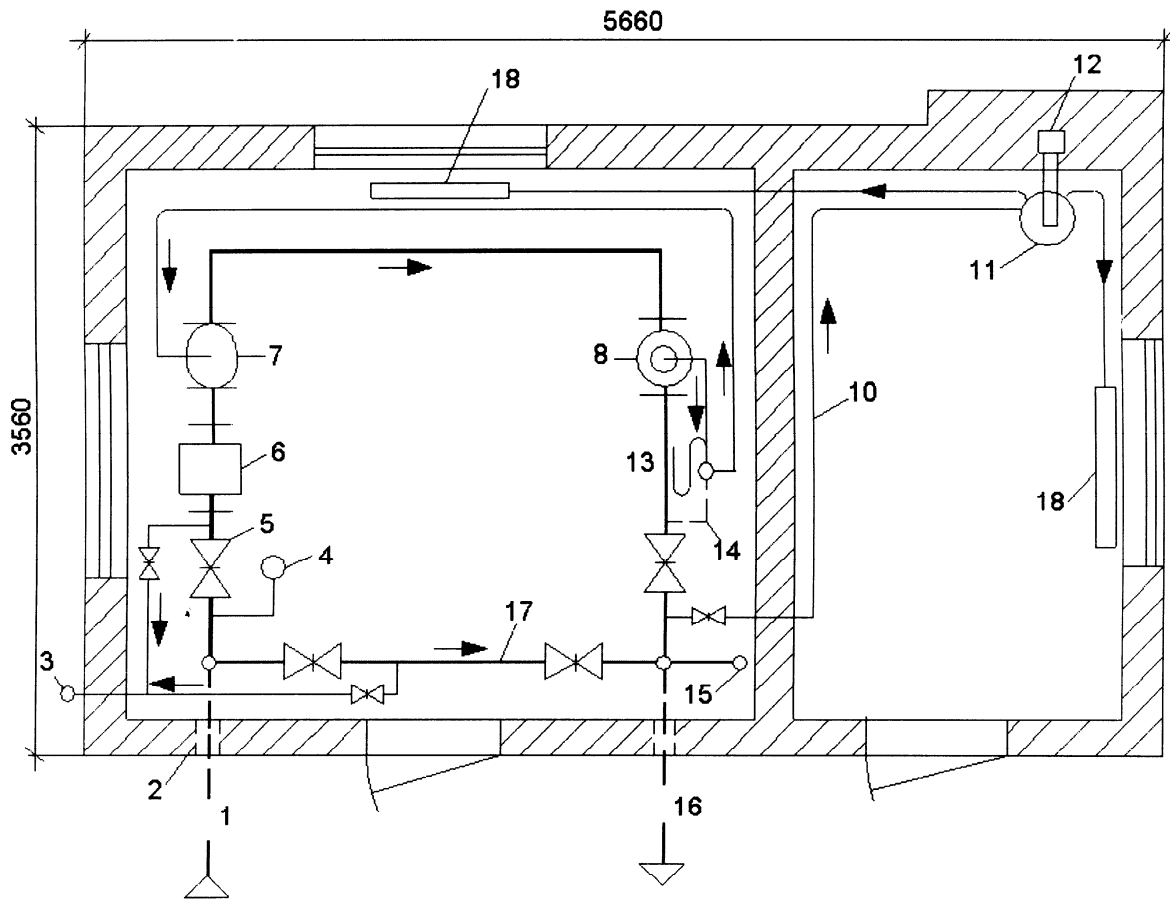


Рис. 5.4 - Обладнання газорегуляторного пункту:

1 – газопровід середнього або високого тиску; 2 – футляр; 3 – продувальний трубопровід; 4 – манометр; 5 – засувка; 6 – фільтр; 7 – запобіжний запірний клапан; 8 – регулятор тиску; 9 і 14 – імпульсні труби; 10 – газопровід низького тиску; 11 – автоматичний газовий водонагрівник (АГВ-80); 12 – димовий канал; 13 – водяний манометр; 15 – гідрозатвор; 16 – газопровід низького тиску; 17 – обвідна лінія; 18 – нагрівальний прилад

Температура повітря у приміщеннях ГРП повинна бути не нижчою від 5°C. Для цього в них установлюють нагрівальні прилади, які одержують теплоту від систем опалення сусідніх будівель. Деякі ГРП обладнують місцевими джерелами теплопостачання, найчастіше газовими автоматичними водонагрівниками АГВ-80.

Вентилюють приміщення за допомогою вентиляційних каналів, прокладених у внутрішній стіні, або дефлекторів.

Останнім часом замість районних і об'єктних ГРП широко застосовують шафові газорегуляторні пункти (рис. 5.5), які встановлюють на залізобетонних опорах або на вогнетривких стінах газифікованих будівель. Ці газорегуляторні

пункти дуже компактні, їх легко монтувати, і вони економічніші, ніж ГРП, які треба розміщувати в окремих капітальних будівлях.

Кількість районих ГРП або шафових установок залежить від радіуса їх дії та витрачання газу. За радіус дії приймають середню відстань по прямій від місця розміщення ГРП до точок зустрічі потоків газу. Оптимальний радіус дії беруть у межах 0,4...0,8 км, продуктивність кожного ГРП повинна бути не більшою 1,5 тис. м³/год.

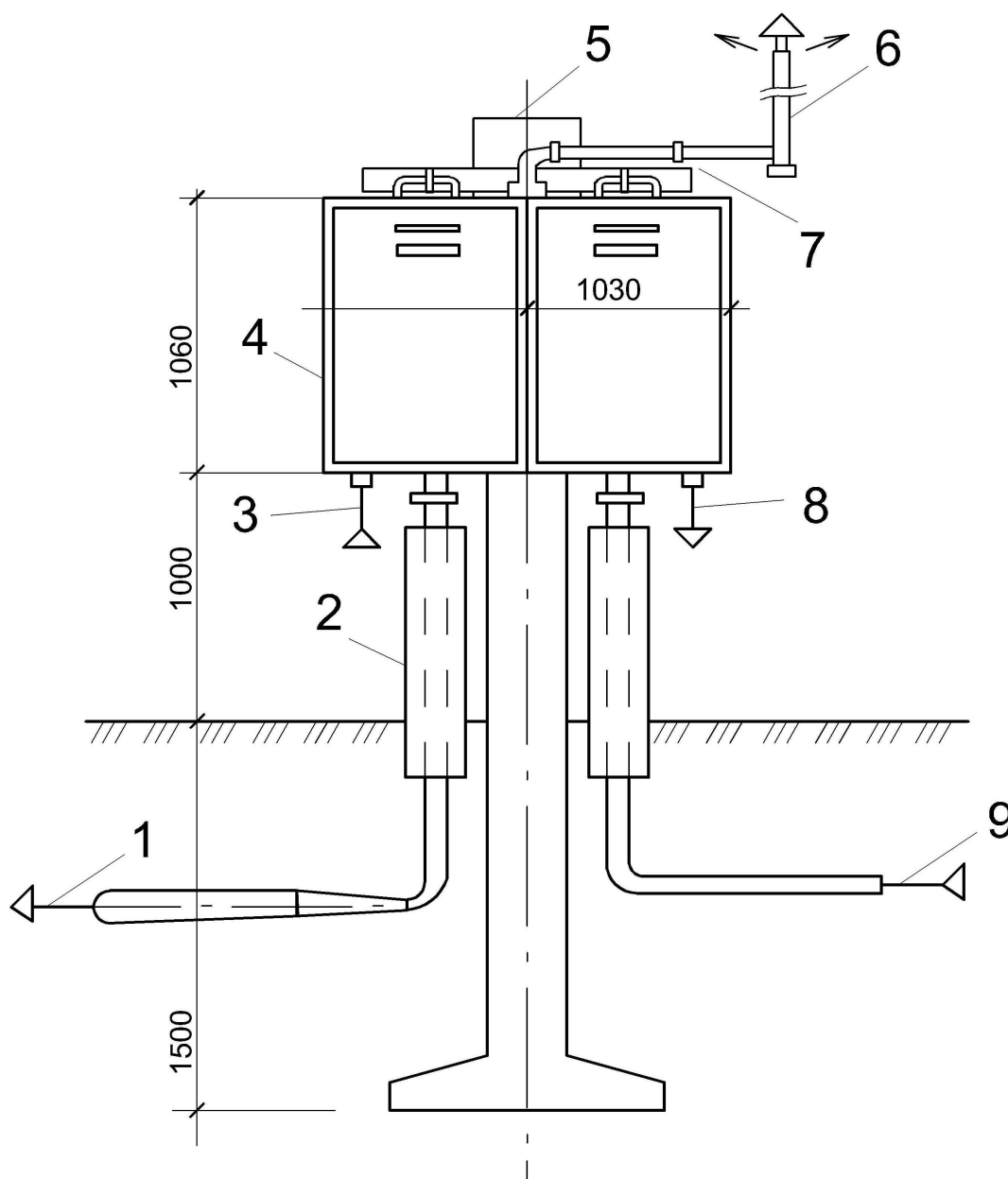


Рис. 5.5 - Шафовий газорегуляторний пункт: 1 – вихід газу; 2 – гільза; 3 – вхід гарячої води (для опалення); 4 – металева шафа з обладнанням; 5 – залізобетонний стовп; 6 – труба для скидання газу; 7 – кронштейн; 8 – вихід охолодженої води; 9 – вхід газу

5.4. Улаштування газових мереж

Труби. У сучасних умовах для прокладки газових мереж різного призначення використовують сталеві (безшовні й зварні) і пластмасові (поліетиленові і вінілпластові) труби. Труби з інших матеріалів (алюмінієві і азбестовоцементні) застосовують рідко.

Сталеві труби виготовляють з вуглецевих сталей, що добре зварюються. Максимальне вміщення вуглецю у сталі не повинно перевищувати 0,27 %, сірки – 0,05, фосфору – 0,04. Вибір сталевих труб для конкретних умов трасування газопроводів повинен відповідати Інструкції із застосування сталевих труб для будівництва систем газопостачання.

Діаметр газопроводів і товщину їх стінок визначають розрахунком, однак незалежно від цього товщина стінок надземного газопроводу повинна бути не менше 2 мм, а підземного – 3; мінімальний діаметр підземних газопроводів: 50 мм – для розподільних мереж, 25 – для відгалужень до споживачів. На практиці застосовують сталеві безшовні гарячедеформовані труби зовнішнім діаметром 57...426 мм. Перевагою цих труб є постійність механічних властивостей по всьому периметру поперечного перерізу.

На практиці застосовують труби сталеві електрозварні прямошовні зовнішнім діаметром від 426 до 1620 мм, товщиною стінки від 7 до 16 мм й з спіральним швом діаметром 159...1220 мм і сталеві безшовні холодно- і теплодеформовані зовнішнім діаметром 10...45 мм, сталеві водогазопровідні труби, виготовлені на безперервних станках, діаметром 10...150 мм.

При гідравлічних випробуваннях труби повинні витримувати тиск P (МПа):

$$P=2sR/d_{\text{вн}} \quad (5.1)$$

де s – мінімальна товщина стінки труби, мм; R – розрахунковий опір (МПа), який приймається для вуглецевої сталі рівним 85 % межі текучості, а для труб, які поставляються без нормування хімічного складу і механічних властивостей, – 1,0 МПа; $d_{\text{вн}}$ – внутрішній діаметр труби, мм.

Труби вважають витримавшими випробування, якщо в період, коли вони знаходяться під тиском, не з'являються течії, відпіннення або остаточні деформації.

Сталеві газопроводи, які прокладають в землі, з'єднують зваркою (ручною дуговою, автоматичною електричною під флюсом і газовою). Різьбові з'єднання труб і арматури при підземній прокладці газопроводів не допускаються. Фланцеві з'єднання допускаються тільки в колодязях, в місцях встановлення арматури з фланцями, а також при встановленні компенсаторів та інших деталей.

Перевагами пластмасових труб є висока корозійна стійкість, невелика маса, а також більш легка обробка. Для підземних газопроводів використовують головним чином поліетиленові (зовнішнім діаметром до 630 мм) і вінілпластові (діаметром до 150 мм) труби. До недоліків пластмасових труб слід віднести високий коефіцієнт лінійного розширення і обмеженість температурних умов, в яких вони можуть працювати: від -60 до +40 °С – для поліетиленових та від 0 до +45 °С – для вінілпластових труб.

Арматура. На мережі газопроводів встановлюють різну арматуру й фасонні частини. Для улаштування поворотів і відгалужень, а також переходів при зміні діаметрів труб застосовують фасонні частини (відводи, трійники, хрестовини, переходи, фланці, заглушки, зварні або гарячого гнуття. Для поворотів сталевих газопроводів під різними кутами в горизонтальній і вертикальній площинах використовують сталеві відводи (коліна), які за способом виготовлення можуть бути гнутими, гладкими і зварними. Переходи (від одного діаметра труб до іншого) за способом виготовлення бувають з одним поздовжнім швом, штамповані із двох половинок з двома поздовжніми швами і пелюсткові. Трійники і хрестовини (хрести) роблять зварними. Вони можуть виготовлятися у заводських умовах або на місці будівництва.

Запірні пристрої служать для припинення подачі або зміни витрати потоку газу в трубопроводі. До основних видів запірної арматури відносяться крани і засувки. Засувки встановлюють на магістральних мережах високого і

середнього тиску. На розподільних газопроводах низького тиску (включно відгалуження і вводи) встановлюють засувки, крани і гідравлічні затвори. Гідравлічні затвори представляють собою герметичні затворні влаштування, вони можуть використовуватись також у якості збірників конденсату. Висоту гідравлічного затвору слід приймати з таким розрахунком, щоб висота стовбуру рідини забезпечувала тиск, на 200 мм стовбуру рідини більше, ніж максимальний тиск газу в мережі. Засувки на газопроводах встановлюють або в колодязях, або безпосередньо в землі із захисними кожухами.

Колодязі. На підземних газопроводах слід передбачати колодязі, як правило, в місцях встановлення відключних пристроїв і компенсаторів. Їх влаштовують із вологостійких і негорючих матеріалів (бетону, залізобетону, цегли), збірними або монолітними в основному за типовими кресленнями. При спорудженні збірних колодязів їх елементи виготовляють із щільного вибраного бетону марки 200 на портландцементі марок 400...500. Колодязі у вологих ґрунтах влаштовують з гідроізоляцією. Для улаштування всіх фланцевих з'єднань арматури та обладнання в колодязях повинні передбачатись шпунтуючі перемички.

На рис. 5.6 показана конструкція залізобетонного колодязя для встановлення засувки. З метою сприйняття температурних подовжень передбачений дволінзовий компенсатор. Труба газопроводу проходить через стінки колодязя в сальниковому ущільненні. Шток керування засувки виведений через перекриття колодязю і захищений від механічних пошкоджень ківером. Колодязь обладнаний круглим входним люком. На дні його влаштований водозбірник, закритий металевією сіткою.

Витікання газу з газових мереж виявляють за допомогою контрольних трубок, установлених над зварними стиками газопроводів через кожні 100 м мережі.

Під час періодичного огляду газопроводів обхідники, відкриваючи кришки ковера і трубки, визначають за запахом або спеціальними приладами,

чи є витікання газу в місці встановлення контрольної трубки, яку перевіряють. Якщо виявлено витікання газу, негайно вживають заходи щодо його ліквідації.

Наявність на сталевих газопроводах струмів, що спричиняють електричну корозію труб, визначають за показами вольтметра, підключеного до виводів (контактних пластинок) контрольних пунктів, розміщених уздовж траси газопроводів на відстані 200 м один від одного.

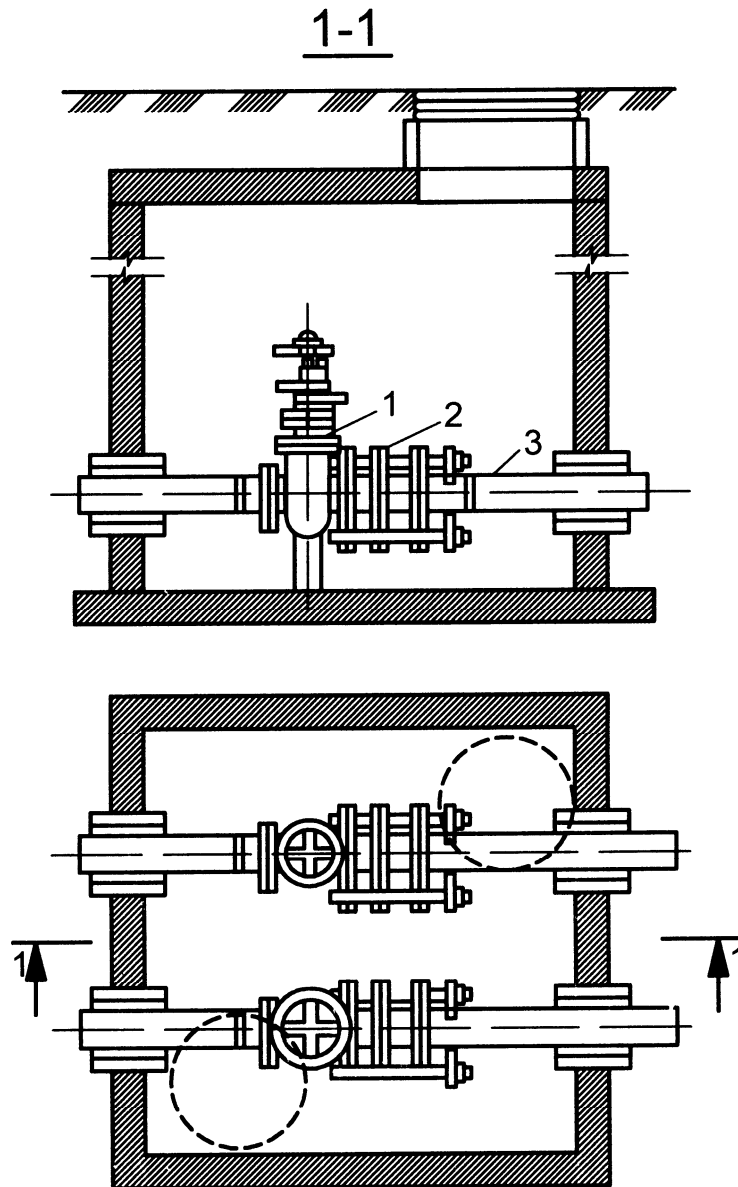


Рис. 5.6 - Колодязь на газопроводі:
1 – паралельна засувка; 2 – двох лінзовий компенсатор; 3 – газопровід

Залежно від призначення і кількості відключаючих пристроїв, що розташовуються у колодцях, останні мають різні монтажні схеми (рис. 5.7).

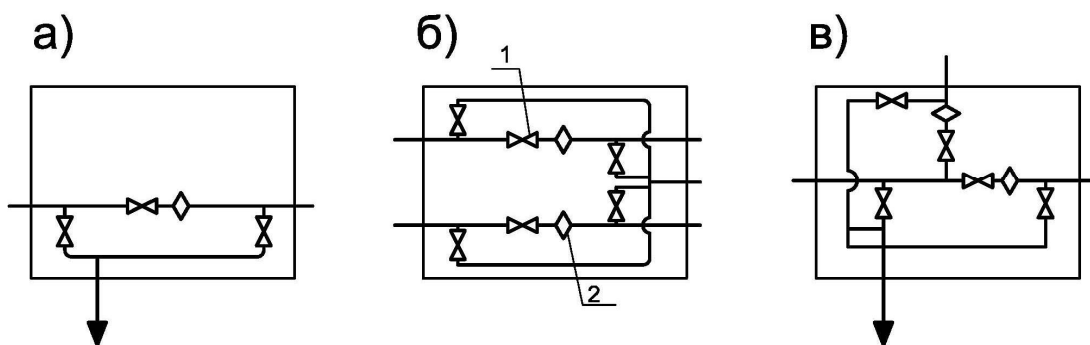


Рис. 5.7 - Схеми колодязів на газовій мережі:
а, б – з одним відгалуженням; в – з двома відгалуженнями;
1 – засувки; 2 – компенсатори

Оскільки в період експлуатації в колодцях може накопичуватись газ, здатний утворювати з повітрям вибухонебезпечну суміш, кількість засувок, які розташовуються у колодцях, на мережі низького тиску слід обмежувати, встановлюючи їх лише у разі гострої необхідності. При встановленні засувок безпосередньо в землі (рис. 5.8) влаштовують захисний кожух для сальника і шпінделя з виводом керування засувкою (привода) на поверхню. Для захисту привода від пошкоджень транспортом влаштовують металеві коври на цегляній, бетонній або іншій твердій основі. Такі ж коври влаштовують для захисту трубок гідравлічних приводів, гідравлічних затворів і конденсаційних горшків, встановлених в землі. Як у природних, так і в штучних газах звичайно є деяка кількість водяних парів, які при русі по газопроводах конденсуються на їх стінках. Для збирання вологи та її видалення застосовують збірники конденсату.

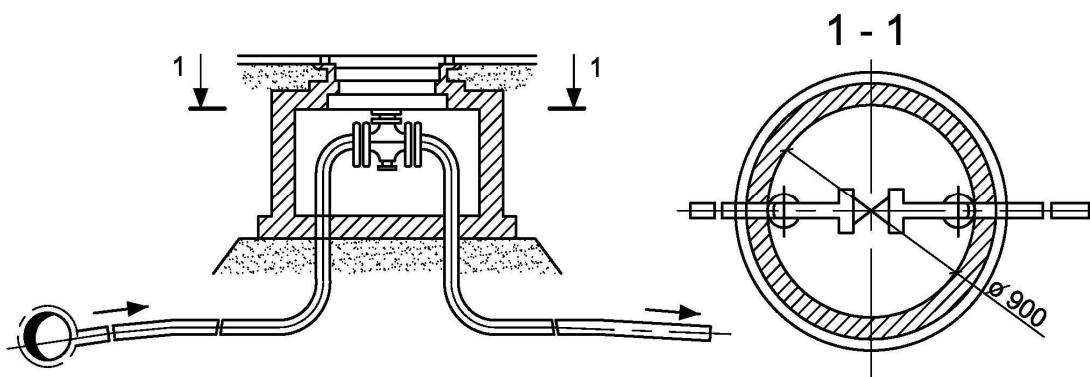


Рис. 5.8 - Засувка в захисному кожусі

Найбільш розповсюджене встановлення збірників конденсату на газопроводах низького тиску. На рис. 5.9 показане влаштування збірника конденсату для газопроводів вологого газу низького тиску. Він складається з корпусу, ковера, подушки, на яку встановлюють ковер, і трубки для видалення конденсату. Коливання температури ґрунту викликають зміну напружень у газопроводах і арматурі, яка на них встановлена. З метою зниження цих напружень, а також для зручності демонтажу і встановлення засувок застосовують компенсатори.

При підземних прокладках газопроводів найбільше розповсюдження отримали лінзові компенсатори, які встановлюють в колодязях, як правило, сумісно з засувками або без них.

Дволінзовий компенсатор з одним фланцем, показаний на рис. 5.10, складається з чотирьох напівлінз, кронштейна, рубашки, патрубку, фланця і тяги. Лінзові компенсатори (окремі лінзи, що зварюються між собою) виготовляють з тонколистової сталі. Крім того, застосовують сальникові компенсатори, які мають таку ж саму конструкцію, що й компенсатори, які встановлюють на теплових мережах, а також гнуті ліро- і П-подібні компенсатори.

Вимикаючі пристрої на газопроводах встановлюють у таких місцях:

- на розподільних газопроводах низького тиску для відключення окремих мікрорайонів і на газопроводах середнього й високого тиску для відключення окремих ділянок;

- на відгалуженнях від розподільних газопроводів всіх тисків до підприємства і груп житлових і громадських будівель; вимикаючі пристрої на відгалуженнях від розподільних газопроводів встановлюють поза територією об'єкта в зручному й доступному для обслуговування місці;

- на вводі і виводах газопроводів із ГРП на відстані від ГРП не менше 5 м і не далі 100 м. Для ГРП, які розташовані у прибудовах до будівель, а також у шафах, можливе встановлення вимикаючого пристрою на зовнішньому

надземному газопроводі в зручному для обслуговування місці на відстані не менше 5 м від ГРП;

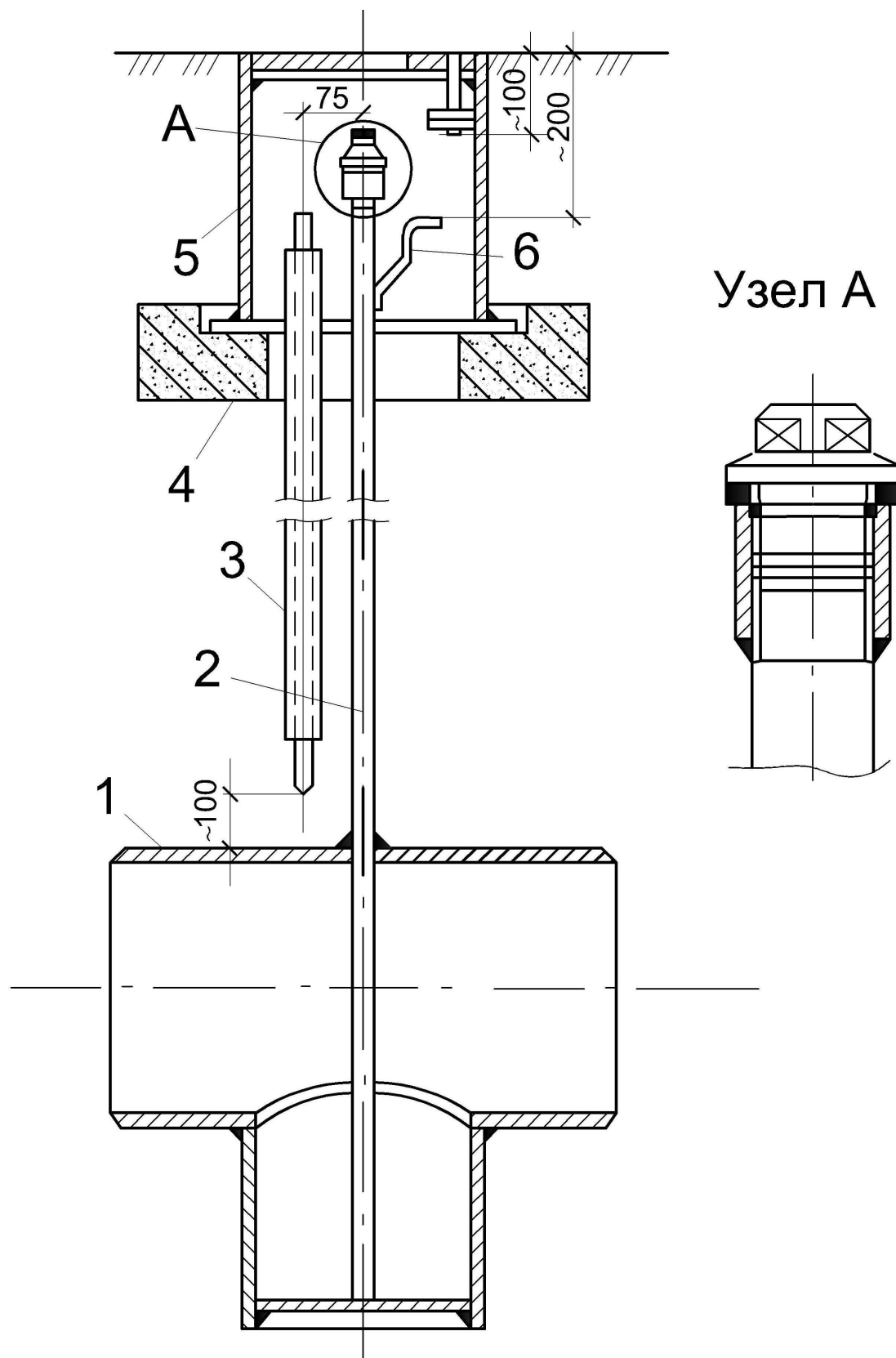


Рис. 5.9 - Збірник конденсату на газопроводах низького тиску:
1 – корпус; 2 – труба для видалення конденсату; 3 – електрод заземлення; 4 – подушка під ковер; 5 – ковер; 6 – контактна пластина різниці потенціалів „труба-грунт”

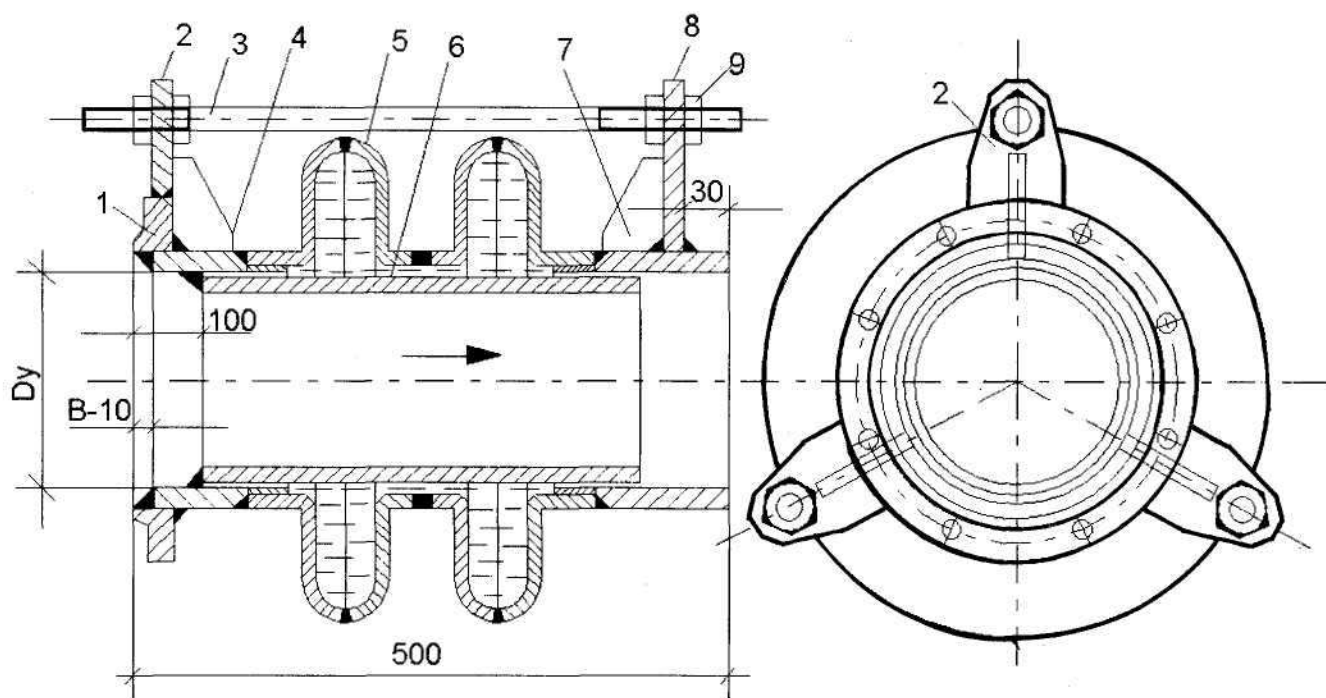


Рис. 5.10 - Дволінзовий компенсатор:
 1 – фланець; 2, 8 – стояки; 3 – шпилька; 4 – патрубок; 5 – напівлінза;
 6 – стакан; 7 – ребро; 9 – гайка

- на перетині газопроводів і водних перешкод, залізничних шляхів і магістральних автомобільних доріг; при прокладанні газопроводів у колекторах (на вході, а при кільцевих мережах й при виході з нього);

- на вводах газопроводів в окремі житлові, громадські і виробничі будівлі або групу сумісних будівель.

Вимикаючі пристрої на відгалуженнях до житлових будівель і дрібних комунальних об'єктів можна розташовувати на стінах будівель. На вводах газопроводів низького і середнього тиску вимикаючі пристрої слід встановлювати зовні будівлі у зручному і доступному місці. Допускається встановлення вимикаючих пристроїв на вводах усередині будівель – у східцевих клітках, тамбурах і коридорах. На вводах газопроводів високого тиску вимикаючі пристрої встановлюють вище дверей на стіні будівлі, яка не має вікон, що відкриваються.

На підземних газопроводах вимикаючі пристрої слід встановлювати в колодязях з лінзовими компенсаторами. На газопроводах малого діаметра краще застосовувати гнуті або зварні П-подібні компенсатори. При сталевій арматурі, яка приєднується до газопроводів зварюванням, компенсатори не встановлюють.

Ділянки закільцьованих розподільних газопроводів, які проходять по території підприємств, повинні мати вимикаючі пристрої поза їх територією. При тупиковому газопроводі достатнє встановлення одного вимикаючого пристрою перед територією підприємства.

5.5. Приєднання споживачів газу до системи газопостачання

У домову систему розподілу газу входять дворові (внутрішньоквартальні) газопроводи, стояки і внутрішньоквартальна газова розводка.

Газопроводи житлового будинку приєднують до внутрішньоквартальних газопроводів низького тиску на відстані 6 м від будівлі. У кожній східцевій клітці прокладають цокольний ввід і на кожному вводі зовні будівлі встановлюють пробковий кран. Стояки прокладають по кухнях. На кожному відгалуженні до стояка на першому поверсі встановлюють вимикаючі крани. Перед кожним газовим приладом також встановлюють крани.

Схема газопостачання типового житлового будинку в загальному випадку складається з міського газопроводу низького тиску, відгалуження, запірного приладу (засувки, крана або гідрозатвору), цокольних ввідів, монтажних заглушок (встановлюються при одночасному будівництві міського й об'єктного газопроводів), збірника конденсату (при необхідності їх влаштування). З метою забезпечення безперебійності газопостачання слід проектувати кільцеві й змішані мережі. Тупикові мережі споруджують тільки у тих випадках, коли можлива перерва в подачі газу на об'єкт споживання.

Внутрішні системи газопостачання

Основними елементами систем газопостачання будівель є відгалуження від розподільних міських газопроводів, дворові мережі, розведення підпідлоговим простором, вводи в будівлі та внутрішні газопроводи.

Відгалуження призначені для подачі газу з розподільних газопроводів у двори будинків, квартали, на території підприємств, у технічні підпілля.

Дворові газопроводи забезпечують розподіл газу по об'єктах, що є всередині кварталу, двору, на території комунального і промислового підприємства.

Розведення підпідлоговим простором будівель мають те саме призначення, що й дворові газопроводи. Але за такого трасування газопроводів відпадає потреба робити вводи. Подачу газу в будівлю відключають гідрозатвором, установленим у „зачіпці” з виведенням його трубки за межі прохідного каналу під ковер.

Вводи газопроводів забезпечують подавання газу у внутрішні газопроводи. Якщо ввід роблять безпосередньо від розподільного газопроводу, не влаштовуючи дворового газопроводу, то цей ввід водночас є і відгалуженням. Ввід у будівлю закінчується відключальним пристроєм. Місця вводів у будівлю вибирають відповідно до розташування газових стояків. Найекономічнішим є ввід у приміщення кухні. Можна робити вводи також у сходові клітки.

Газові стояки і розведення призначені для подавання газу до газових приладів та обладнання будівель (рис. 5.11). Розміщують стояки, як правило, відкрито у кухнях або сходових клітках. Для відключення подачі газу по стояках застосовують пробкові крани, які встановлюють біля основи стояка в межах першого поверху. Газопроводи при перетині зовнішніх стін, перекриттів, засипних або порожнистих перегородок мають бути закриті футляром. У будинках, де немає централізованого гарячого водопостачання, у кухнях

встановлюють не тільки газові плити, а й водопідігрівники (колонки). Газовою колонкою користуються для нагрівання води для гігієнічних і побутових потреб.

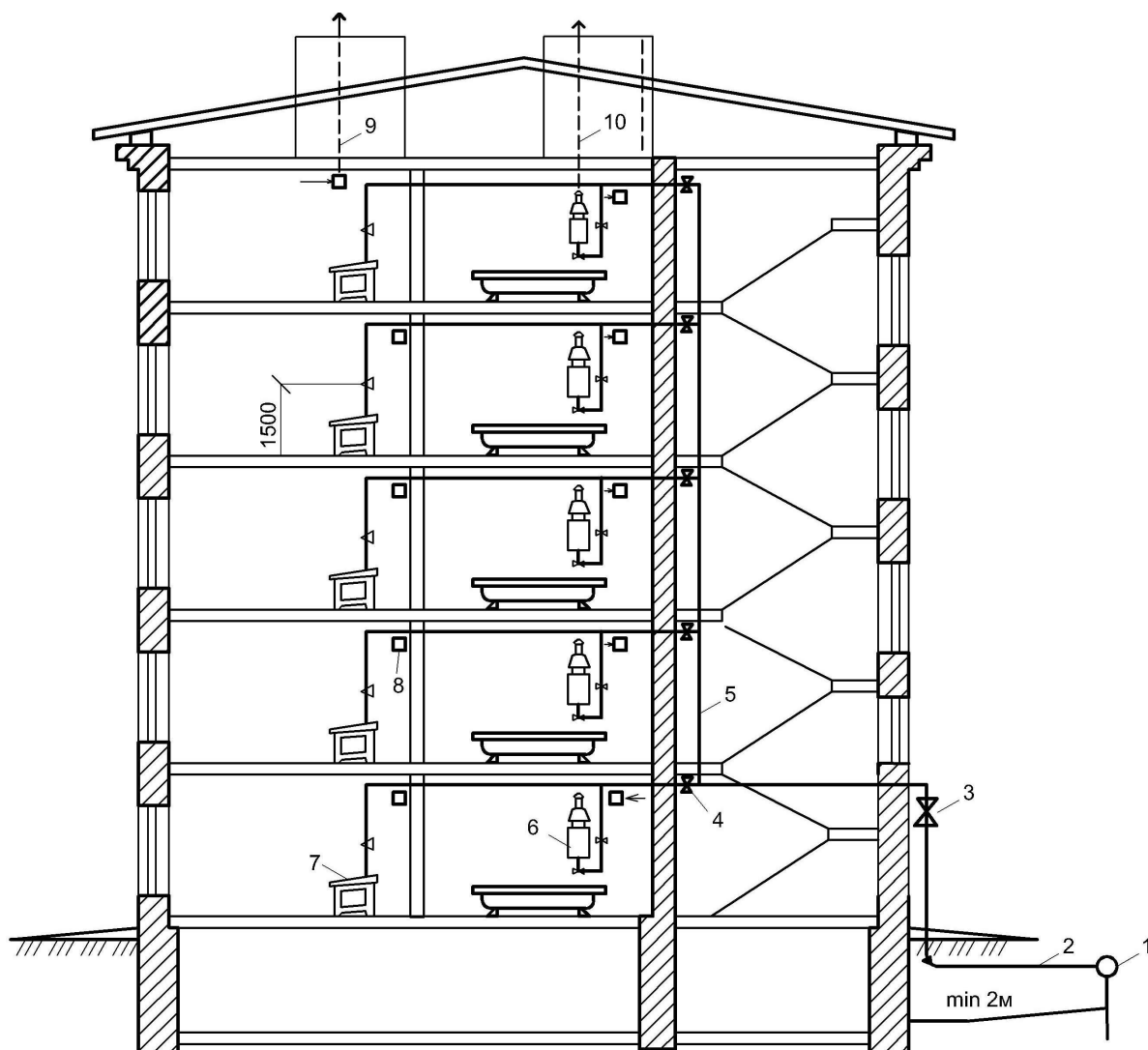


Рис. 5.11 - Схема внутрішньобудинкової газової мережі:

1 – дворовий газопровід; 2 – ввід газу; 3 – засувка; 4 – пробковий кран; 5 – стояк; 6 – швидкісний водонагрівник; 7 – газова плита; 8 – вентиляційні ґрати; 9 – вентиляційний канал; 10 – димовий канал

5.6. Розрахунок газових навантажень системи газопостачання населених пунктів. Гідравлічний розрахунок газових мереж

Завданням гідравлічного розрахунку газових мереж є визначення діаметрів газопроводів залежно від обсягу розрахункових витрат і допустимих втрат тиску.

Міські кільцеві розподільні газопроводи розраховують у такій послідовності. На плані міста або населеного пункту визначають кількість і розміщення газорегуляторних пунктів залежно від радіуса їх дії та оптимальної витрати газу. Від місць розташування ГРП труби газопроводів прокладають у землі або по стінах будівель.

Розрахунок споживання газового палива

Розрахункові річні витрати газу на побутові й комунальні потреби житлових і громадських споруд, для закладів громадського харчування та комунально-побутового призначення (лазні, хлібозаводи та ін.) визначають згідно з нормами його споживання (див. табл. 5.1, 5.2).

Річні витрати газу на побутові потреби визначають для кожного мікрорайону:

$$Q_{\text{рік}} = m \frac{n_1 + n_2}{Q^{\text{P}}_{\text{H}}} \text{ м}^3/\text{рік}, \quad (5.2)$$

де m – кількість мешканців у мікрорайоні;

n_1 – норма витрат газу на приготування їжі на 1 людину, ккал \ рік (табл. 5.1)

n_2 – норма витрат газу на приготування гарячої води (якщо в мікрорайоні передбачене гаряче водопостачання $n_2=0$);

Q^{P}_{H} – калорійність газового палива, ккал/м³.

Годинні витрати газу для всіх видів споживачів визначають залежно від річних витрат газу і коефіцієнта годинного максимуму K_m за формулою

$$Q_{\text{год}} = Q_{\text{рік}} \cdot K_m, \text{ м}^3/\text{ГОД}. \quad (5.3)$$

Для житлових мікрорайонів K_m обирають залежно від кількості жителів у мікрорайоні за табл. 5.3.

Таблиця 5.1 - Норми споживання газу

Споживачі газу	Показник споживання газу	Норма витрати теплоти, ккал / рік
1	2	3
1. Житлові будинки - - приготування їжі (за наявністю газової плити та централізованого гарячого водопостачання від ЦТП); - приготування їжі та гарячої води без прасування білизни (за наявністю газової плити та газового водонагрівача); - прасування білизни в домашніх умовах.	на одну людину за рік	640 x 10 ³
	на одну людину за рік	1270 x 10 ³
	на 1 т сухої білизни	2100 x 10 ³
2. Комунально-побутові підприємства - механізовані пральні; лазні: миття без ванн; миття з ваннами.	на 1 т сухої білизни	4800 x 10 ³
	1 відвідування	9000
	1 відвідування	12000
3. Заклади охорони здоров'я лікарня - приготування їжі; приготування гарячої води (без прасування).	На 1 ліжко	760 x 10 ³
		2220 x 10 ³
4. Заклади громадського харчування - приготування обіду; приготування сніданку чи вечері.	1 обід	1000
	1 сніданок чи вечеря	500
Хлібозавод - випікання хліба; випікання булок; кондвироби	на 1 т виробів	420 x 10 ³
	на 1 т виробів	950 x 10 ³
	на 1 т виробів	1450 x 10 ³

Таблиця 5.2 - Показники обслуговування населення

Заклад	Показники
Їдальні, кафе, ресторани	Обсяг обслуговування 25-30% всього населення
Лікарні	Загальна місткість з розрахунку 8-9 ліжок на 1000 жителів
Поліклініки	З розрахунку 10-12 відвідувань за рік
Механізовані пральні	Обсяг обслуговування 50% населення. Норма 100 кг сухої білизни на людину за рік; для дитячих ясел – 480 кг сухої білизни на 1 дитину за рік; для дитячих садків – 360 кг сухої білизни на 1 дитину за рік; поліклініки – 0,125 кг на 1 відвідування; лазні – 0,075 кг сухої білизни на 1 відвідування
Лазні	Обсяг обслуговування 100% всього населення з урахуванням душових і ванних пристроїв у житлових та інших будинках
Хлібозавод	З розрахунку 0,6-0,8 т виробів за добу на 1000 жителів

Таблиця 5.3 - Коефіцієнт годинного максимуму

Кількість жителів, чол.	5000	10000	20000	30000	40000
Коефіцієнт годинного максимуму споживання газу на побутові потреби, K_m	1/2100	1/2200	1/2300	1/2400	1/2500

Гідравлічний розрахунок газових мереж середнього і високого тиску

Починають з розподілу мережі на розрахункові ділянки від ГРС до найвіддаленішого споживача і визначають за генпланом фактичну довжину кожної ділянки (l_ϕ , км). Для обліку втрат тиску в місцевих опорах вводять розрахункову довжину ділянки:

$$l_p = 1.1 \cdot l_\phi \quad , \text{ км.} \quad (5.4)$$

Для кожної з ділянок визначають витрату газу (Q) як суму потреб споживачів, які одержують паливо від ділянки, що розглядається. Вибір діаметрів здійснюють за допомогою номограм для гідравлічного розрахунку газових мереж. Для цього попередньо обчислюють орієнтовне значення коефіцієнта втрат тиску для всієї довжини газової мережі за формулою

$$\alpha_{cp} = \frac{P_H^2 - P_K^2}{\sum l_p}, \quad (5.5)$$

де P_H – тиск газу на виході з ГРС, ат;

P_K – тиск газу в кінцевій точці мережі, ат;

$\sum l_p$ – сума розрахункових довжин ділянок (від ГРС до найвіддаленішого споживача без урахування відгалужень), км.

За допомогою номограми залежно від витрат газу на ділянках і коефіцієнта α_{cp} встановлюють діаметри газопроводу і дійсне значення коефіцієнта втрат тиску на ділянках α_{dil} .

Ключ до користування номограмою наведений на рис. 5.12.

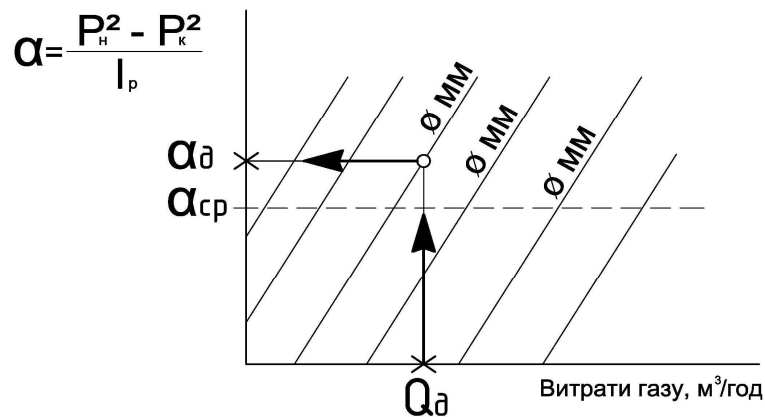


Рис. 5.12 - Ключ до користування номограмою

Тиск газу в кінці ділянки ($P_{K.dil}$) знаходять залежно від тиску на вході в ділянку ($P_{H.dil}$) і коефіцієнта на ділянках α_{dil} :

$$P_{K.dil} = \sqrt{P_{H.dil}^2 - \alpha_{dil} \cdot l_p} \quad (5.6)$$

Початковий тиск на кожній наступній ділянці дорівнює тиску газу в кінці попередньої ділянки, за результатами розрахунків складають табл. 5.4.

$$P_{Н.дiл.i} = P_{К.дiл.(i-1)}. \quad (5.7)$$

Таблиця 5.4 - Гідравлічний розрахунок газових мереж середнього і високого тиску

Номер ділянки	Витрати газу $Q_{дiл}, \text{м}^3/\text{ГОД}$	Довжина ділянки, м		1-й варіант				2-й варіант			
		l_{ϕ}	l_p	d, мм	$\alpha_{дiл}$	$P_{н}$, ат	$P_{к}$, ат	d, мм	$\alpha_{дiл}$	$P_{н}$, ат	$P_{к}$, ат

Гідравлічний розрахунок газових мереж низького тиску

Схему мережі газопостачання двох мікрорайонів міста показано на рис. 5.19. За цією схемою визначають розрахункові ділянки газопроводів і їх фактичну довжину l_{ϕ} , м. Потім визначають умови живлення і розрахункову довжину ділянок мережі. Розміщення будівель мікрорайону з одного боку газопроводу вказує на одностороннє живлення, розрахункова довжина ділянки при цьому $l_p=l_{\phi}/2$. Якщо ж будівлі розміщені з обох боків, то маємо справу з двостороннім живленням, тоді $l_p=l_{\phi}$.

Для визначення розрахунково-погодинних витрат газу на ділянці мережі знаходять питому, шляхову, еквівалентну і транзитну витрату газу. Питому витрату визначають за формулою, $\text{м}^3/\text{ГОД}$

$$q_{num} = \frac{Q_{г.б.}}{\sum l_p}, \quad (5.8)$$

де $Q_{г.б.}$ - розрахункова втрата газу в мікрорайонах №1 і №2, $\text{м}^3/\text{ГОД}$;

$\sum l_p$ - загальна розрахункова довжина ділянок мережі, від яких проводиться відбирання газу, м.

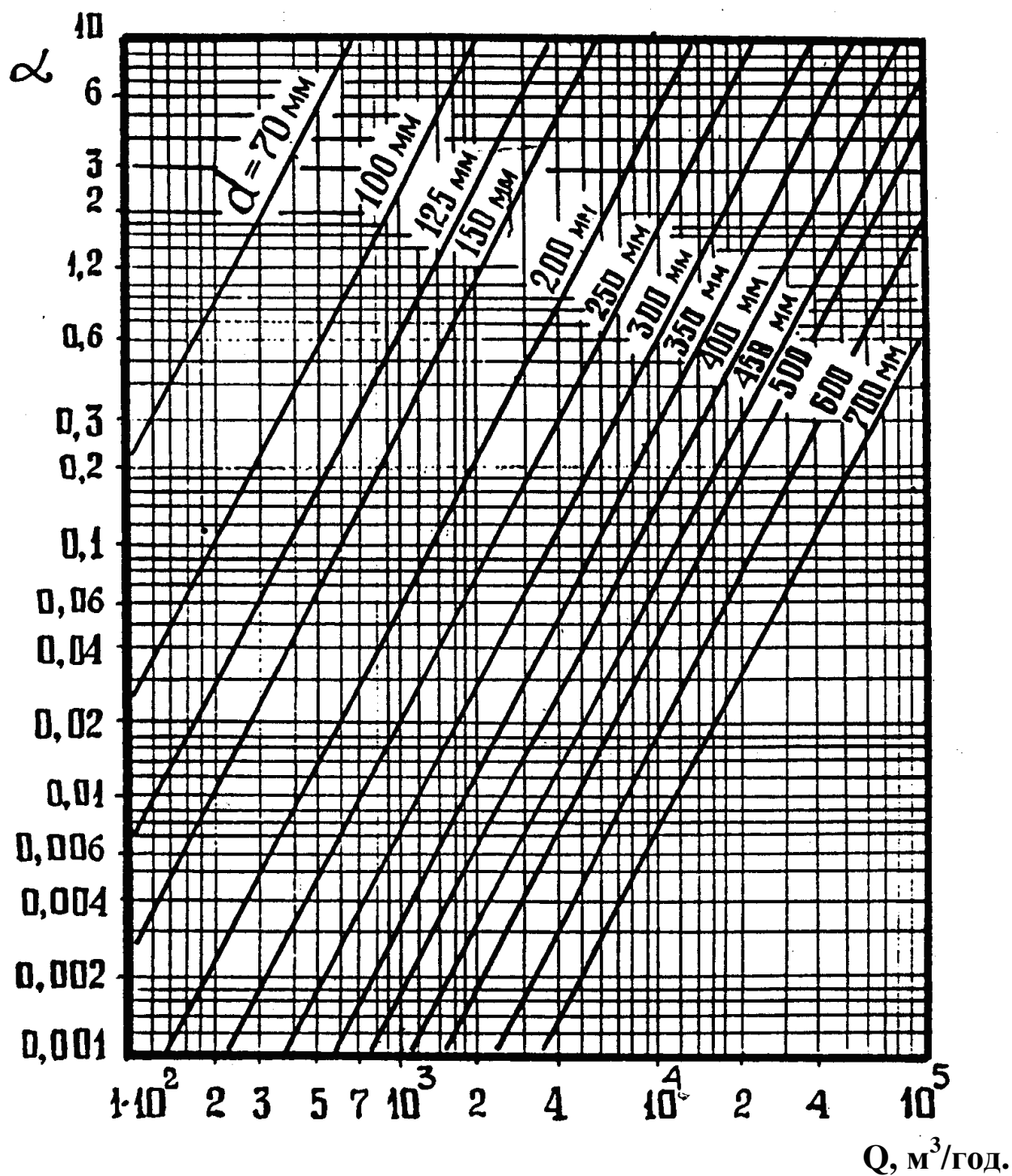


Рис. 5.13 - Номограма гідравлічного розрахунку газових мереж середнього і високого тиску

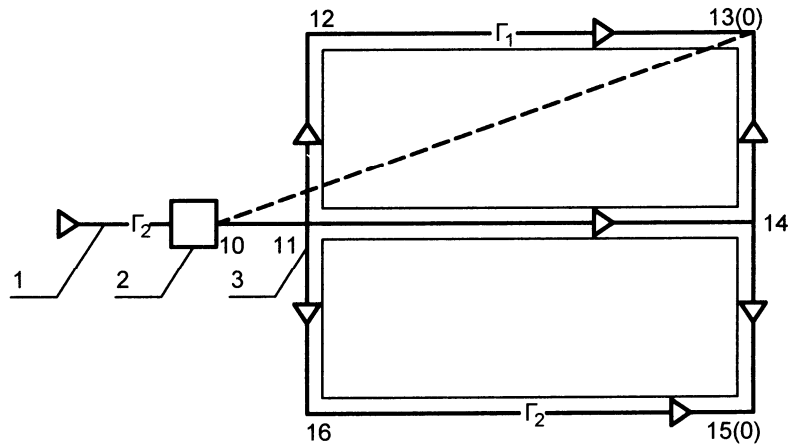


Рис. 5.14 - Розрахункова схема газопроводів низького тиску:
 1 – газопровід середнього або високого тиску, 2 – ГРП, 3 – розподільний газопровід

Шляхова витрата для кожної ділянки мережі, м³/год:

$$q_{ш} = q_{ншт} \cdot l_p . \quad (5.9)$$

Сума шляхових витрат ділянок мережі має дорівнювати витраті газу в ГРП. Еквівалентна витрата, м³/год:

$$q_E = 0,5 \cdot q_{ш} . \quad (5.10)$$

Заміна шляхової витрати еквівалентною пояснюється тим, що на розрахункових ділянках не відомі місця відгалужень до споживачів газу.

Визначивши еквівалентні витрати на всіх ділянках мережі, приймають найбільш імовірний розподіл потоку газу від джерела живлення (ГРП) до найвіддаленішої (нульової) точки газової мережі. Місцем зустрічі потоків газу вважають точку, яка поділяє газову мережу на два півкільця, приблизно рівні між собою. Напрямок потоку газу від ГРП до нульової точки позначають на схемі стрілками.

До встановлення розрахункових витрат знаходять транзитні витрати. Так, для ділянок мережі (рис. 5.14) 13-12; 13-14; 14-15; 15-16 транзитні витрати дорівнюють нулю, а

$$q_T(11-12) = q_{uu}(12-13);$$

$$q_T(11-14) = q_{uu}(13-14) + q_{uu}(14-15);$$

$$q_T(11-16) = q_{uu}(15-16) \quad .$$

Розрахунково-погодинні витрати газу на ділянках мережі знаходять за формулою, м³/год.

$$Q_p = q_T + 0.5q_{uu} \quad (5.11)$$

або

$$Q_p = q_T + q_E \quad (5.12)$$

Отже

$$Q_p(13-14) = q_E(13-14);$$

$$Q_p(14-15) = q_E(14-15);$$

$$Q_p(15-16) = q_E(15-16);$$

$$Q_p(12-13) = q_E(12-13);$$

$$Q_p(11-16) = q_T(11-16) + q_E(11-16);$$

$$Q_p(11-12) = q_T(11-12) + q_E(11-12);$$

$$Q_p(11-14) = q_T(11-14) + q_E(11-14).$$

Розрахункова витрата газу на ділянці 10-11 дорівнюватиме сумі шляхових витрат на всіх ділянках мережі мікрорайонів.

За знайденими значеннями розрахункових витрат і середньою втратою тиску, користуючись номограмою, визначають діаметри газопроводів і фактичний питомий опір на всіх ділянках мережі низького тиску. Ключ для користування номограмою наведений нижче.

Середні питомі втрати тиску на кожному півкільці від ГРП до нульової точки визначають за формулою, мм вод. ст.

$$\Delta P_{cp} = \frac{\Delta P}{1.1 \sum l_{\phi}}, \quad (5.13)$$

де ΔP - втрати тиску в розподільних газопроводах від ПРП до нульової точки;

згідно зі СНиП 2.04.08-87, додаток, $\Delta P = 120$ мм вод. ст.;

$\sum l_{\phi}$ - фактична довжина півкільця, м.

Методика визначення діаметрів газопроводів низького тиску d і фактичних питомих опорів на ділянках ΔP така сама, як і при розрахунку газопроводів середнього тиску, розрахунки виконують за допомогою номограм (рис. 5.16).

За відомими значеннями питомих опорів знаходять лінійні опори на кожній ділянці розглядуваного півкільця $\Delta P \cdot l_{\phi}$. Місцеві опори на ділянках Z , що виникають на поворотах мережі, в арматурі й при зміні діаметра труб, становлять 10% від значення лінійних опорів.

Отже загальний опір на кожному півкільці дорівнюватиме сумі лінійних і місцевих опорів ділянок, які входять до розглядуваного півкільця.

Якщо діаметри газопроводів на ділянках півкільця підібрано правильно, сума лінійних і місцевих опорів на півкільці повинна становити 120 мм вод. ст.

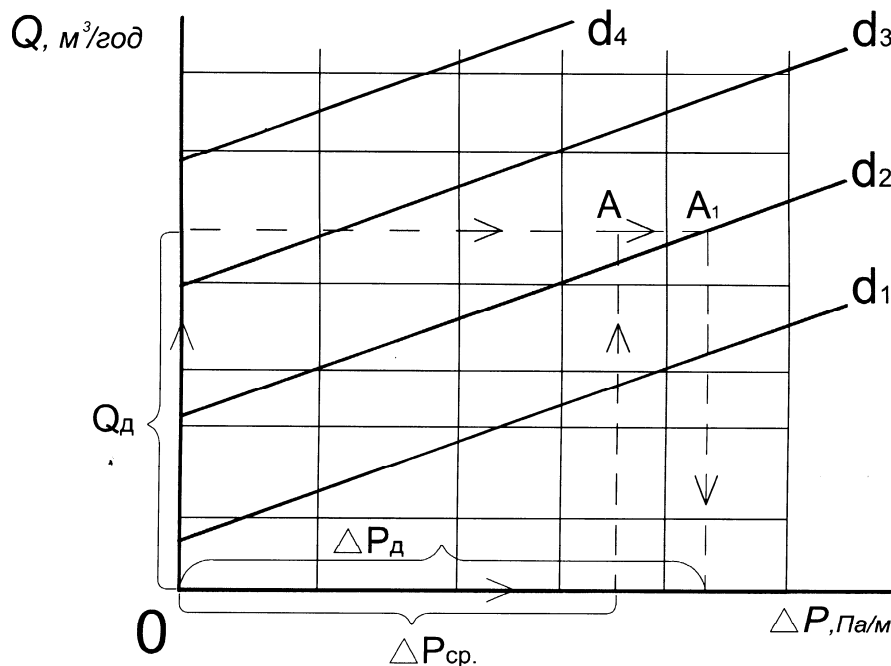


Рис. 5.15 - Ключ до користування номограмою

Допускається нев'язка, величина якої не повинна перевищувати 10% суми втрат на півкільці. Крім того, треба мати рівні втрати тиску на півкільцях розглядуваного кільця. Тут також допускається нев'язка в розмірі 10%.

Рівність опорів на півкільцях свідчить про те, що нульові точки вибрано правильно і в них зустрінуться потоки газу.

Внутрішні газопроводи

Гідравлічний розрахунок внутрішніх газопроводів роблять після вибору розміщення газових приладів у приміщенні будівлі та складання аксонометричної розрахункової схеми трубопроводів.

Для газової плити на чотири конфорки об'єм кухні повинен бути не менше 15 м³, тобто на одну конфорку має припадати приблизно 4 м³.

При розміщенні водонагрівника у приміщенні кухні збільшувати кубатуру її не треба, оскільки газові прилади звичайно працюють неодноразово.

Розрахункові витрати газу на ділянках мережі, м³/год:

$$Q_d^h = \sum_{i=1}^m k_{sim} \cdot q_{ном} \cdot n_i, \quad (5.14)$$

де $\sum_{i=1}^m$ - сума добутоків величин; m - кількість типів приладів;

k_{sim} - коефіцієнт одночасності для однотипних приладів; визначають за додатком 3 СНиП 2.04.08-87;

$q_{ном}$ - номінальна витрата газу приладом, м³/год.; визначають за формулою або за паспортом приладу;

n_i - кількість однотипних приладів.

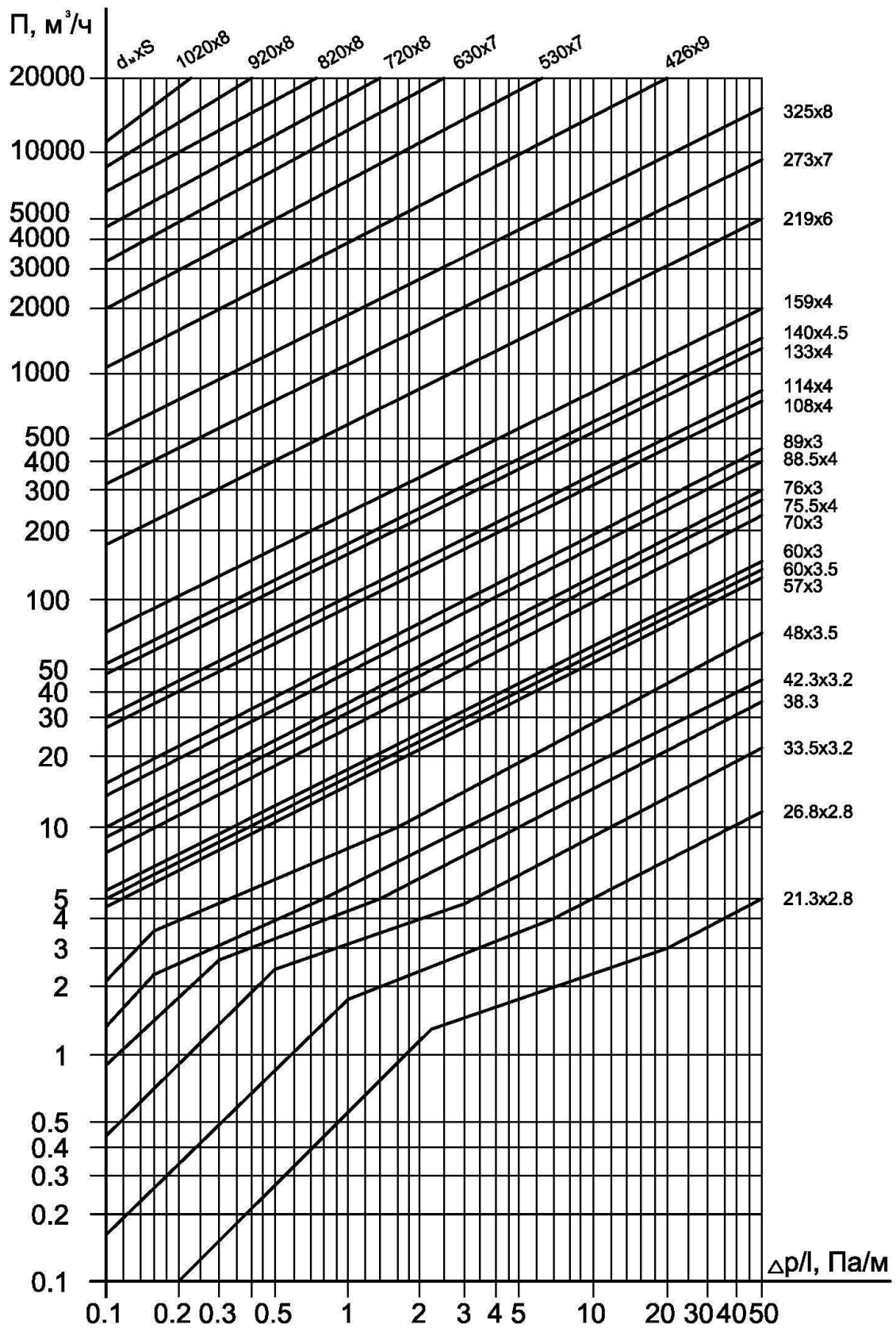


Рис. 5.16 - Номограма гідралічного розрахунку газових мереж низького тиску

Середній перепад тиску від вводу в будівлю до найвіддаленішого газового приладу в ній, мм вод. ст.:

$$\Delta P_{сер} = \frac{\Delta P}{\sum l_{\phi}} . \quad (5.15)$$

Тут ΔP - розрахунковий перепад тисків у внутрішніх газопроводах, мм вод. ст.,

$\Delta P = 30$ мм вод. ст.;

$\sum l_{\phi}$ - протяжність усіх розрахункових ділянок від вводу до найвіддаленішого приладу, м.

За відомими значеннями витрат газу на кожній ділянці мережі і середнім перепадом тисків $\Delta P_{сер.}/3$ номограми/ аналогічно визначають діаметри d і фактичні питомі опори $\Delta P_{num.}$ ділянок мережі. Лінійні опори на ділянках ΔP_{ϕ} знаходять аналогічно розрахунку зовнішніх газопроводів низького тиску.

Місцеві опори $Z_{дiл}$ знаходять як величини, пропорційні втратам тиску на прямолінійних ділянках газопроводів. Так, для вводу в будівлю місцевий опір дорівнює 25% від лінійних втрат на вводі, на стояках - 20%, на внутрішньоквартальному розведенні при його довжині 1...2 м - 450%, 3...4 м - 200%, 5...7 м - 120% і 8... 12 м - 50%. Розрахунок внутрішніх газопроводів вважають виконаним, якщо сума лінійних і місцевих опорів від місця вводу до найвіддаленішого газового приладу дорівнює величині ΔP .

Якщо ΔP виявиться значно менше від $\sum (\Delta P_{\phi} \cdot l_{дiл} + Z_{дiл})$ треба на одній з розрахункових ділянок внутрішнього газопроводу збільшити діаметр, а якщо більше - зменшити діаметр газопроводу.

5.7. Методи прокладання газових мереж

При трасуванні газопроводів виходячи з економічних міркувань слід прагнути до того, щоб газ із мережі надходив до об'єкта по найменшій відстані. Мережі й споруди необхідно проектувати з урахуванням черговості їх будівництва і подальшого розвитку. Проектуючи трасу газопроводу по незабудованим територіям, треба враховувати можливість і характер майбутньої забудови.

Газопроводи високого тиску трасують по окраїнах населеного місця або по районах з малою щільністю населення, а газопроводи середнього і низького тиску – по усіх вулицях, причому газопроводи великих діаметрів по можливості слід прокладати по вулицях з неінтенсивним рухом.

Газові мережі звичайно прокладають в землі (підземні прокладки). На територіях промислових і комунально-побутових підприємств можливе застосування надземної прокладки по стінах і дахах будівель, по колонах і естакадах. Допускається надземна прокладка внутрішньоквартальних (дворових) газопроводів на опорах і по фасадах будівель.

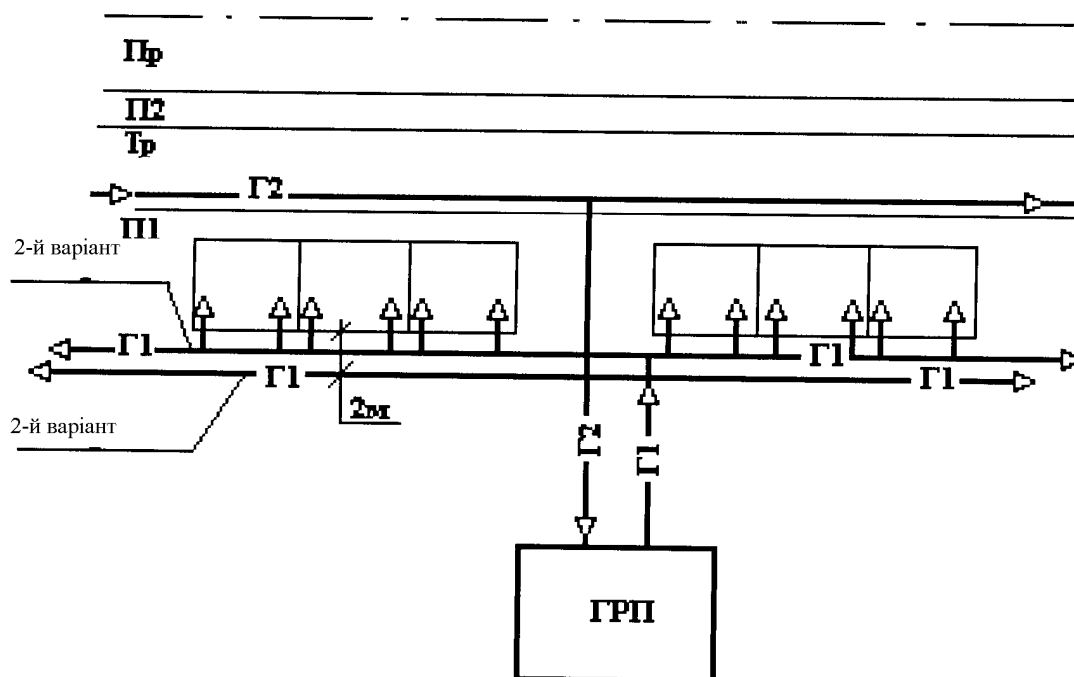


Рис. 5.17 – Методи прокладання газових мереж:
1-й варіант - Г1 у землі; 2-й варіант - Г1 по фасадах будинків

Дозволяється прокладати два або більше газопроводів в одній траншеї, але в цьому випадку відстань між газопроводами слід призначати із умови зручності монтажу і ремонту трубопроводів (не менше 0,4 м при діаметрах труб до 300 мм включно і не менше 0,5 м при великих діаметрах). Відстані по горизонталі між підземними газопроводами та іншими комунікаціями і спорудами повинні бути не менше величин, вказаних у табл. 5.5. Відстані, вказані у табл. 5.5, не розповсюджуються на сумісні прокладки газопроводів з іншими комунікаціями. На окремих ділянках газопроводів при прокладанні їх між будівлями або під арками відстані, які наведені у табл. 5.5, можуть бути зменшені (не більше, ніж у 2 рази для газопроводів з тиском до 0,6 МПа) при умові застосування для цих ділянок безшовних труб і гнутих або штампованих відводів. Безшовні труби на таких ділянках повинні виходити на 5 м за межі будівлі і споруди з кожного боку.

При перетинанні газопроводами інших підземних комунікацій відстані між ними по вертикалі в світу повинні бути не менше: 0,15 м при перетинанні водопроводу, каналізації, телефонної мережі; 0,5 м – електрокабелю або телефонного броньованого кабелю; 1 м – мастилонаповненого електрокабелю високої напруги. Арматуру, що встановлюється на газопроводах, слід розташовувати не ближче 2 м від краю комунікацій і споруд, що перетинаються. При перетинанні газопроводами каналів тепломережі, каналізаційних колекторів і тунелів їх прокладають у футлярах, які виходять за зовнішні стінки споруд, що перетинаються, на 2 м з кожного боку.

Газопроводи, які транспортують вологий газ, прокладають нижче рівня промерзання ґрунту. Для стоку і видалення вологи їх кладуть з нахилами не менше 0,002 і в нижніх точках розташовують збірники конденсату. Газопроводи, які транспортують осушений газ, прокладають у зоні промерзання ґрунту на глибині не менше 0,8 м від поверхні землі (до верха газопроводу або футляру). У місцях, де не передбачений рух транспорту, глибину прокладання допускається зменшувати до 0,6 м.

Таблиця 5.5 – Мінімальні відстані по горизонталі (у світу) між підземними газопроводами та іншими спорудами і комунікаціями, м

Відстань до об'єктів і комунікацій													
Характеристика газопроводу	будівель і споруд (до обрізу фундаменту)	залізничного шляху	трамвайного шляху	водопроводу (стінок труби)	каналізації, водостоку (до стінок труби)	теплової мережі (до початку стінки каналу)	силових кабелів до 35 кВ	Телефонних кабелів		дерев (до стовбуру)	повітряних ліній електропередачі (до фундаменту опори) різних напруг		
								броньованих	У каналізації		до 1 кВ	більше 1 до 35 кВ	більше 35 кВ
Низького тиску не більше 5000 Па	2	3,8	2,8	1	1	2	1	1	1	1,5	1	5	10
Середнього тиску 5000 Па ... 0,3 МПа	4	4,8	2,8	1	1,5	2	1	1	1,5	1,5	1	5	10
Високого тиску 0,3...0,6 МПа	7	7,8	3,8	1,5	2	2	1	1	2	1,5	1	5	10
Високого тиску 0,6...1,2 МПа	10	10,8	3,8	2	5	4	2	1	3	1,5	1	5	10

Газові мережі споруджуються із металевих і пластмасових труб. Їх діаметри і протяжність у значній мірі залежать від кількості і розташування ГРС. При виборі кількості та місць розташування ГРС і ГРП необхідно враховувати підтримання заданого режиму роботи газових мереж, можливість дублювання одної споруди іншою при аварії, дотримання оптимальної відстані до найбільш видалених точок, які живляться даною спорудою. Для приблизних розрахунків рекомендується приймати відстань між ГРС по зовнішньому кільцю мережі у межах 10...15 км, якщо на кожний кілометр довжини кільця у

середньому приходиться 50...100 тис. м³ витрати газу на 1 добу, радіус дії ГРП 500...1000 м і пропускну здатність одного ГРП 500...5000 м³/год.

На перетинах газопроводів з різними перешкодами – річками, каналами, трамвайними шляхами, залізницями та ін. – влаштовують споруди спеціального призначення.

У міських умовах газопроводи прокладають під водними потоками у вигляді дюкерів. Звичайно дюкери виконують у дві й більше лінії. Траса їх залежить від загальної схеми газової мережі. Дюкер складається з основної і резервної ліній (якщо подача газу не може бути припинена) і колодязів із засувками відключення. Пропускна здатність кожної лінії дюкеру повинна бути не меншою 70 % пропускну здібності підводячих газопроводів.

Для забезпечення стійкого положення дюкера на дні водоймища труби навантажують. Масу вантажів можна обчислити за формулою

$$p_2 = K_3 p_v - p_1, \quad (5.16)$$

де p_1 – маса 1 м довжини газопроводу у воді, кг; p_2 – маса вантажу у воді, який приходиться на 1 м довжини газопроводу, кг; p_v – маса води, яка витискається 1 м довжини газопроводу, кг; K_3 – коефіцієнт запасу стійкості дюкера, приймається рівним 1,2...1,4.

При транспортуванні вологого газу підводні ділянки газопроводу прокладають з нахилом. У самих низьких точках встановлюють збірники конденсату, які мають трубки, виведені на поверхню землі під ковер. Рідина із збірників конденсату видаляється насосами за допомогою вакуумцистерн.

При влаштуванні надземних переходів (рис. 5.18) газопроводи доцільно підвішувати до конструкцій існуючих металевих і залізобетонних мостів або споруджувати для них спеціальні мости. Іноді в таких випадках використовується несуча здібність самих труб шляхом влаштування з них арочних та інших переходів.

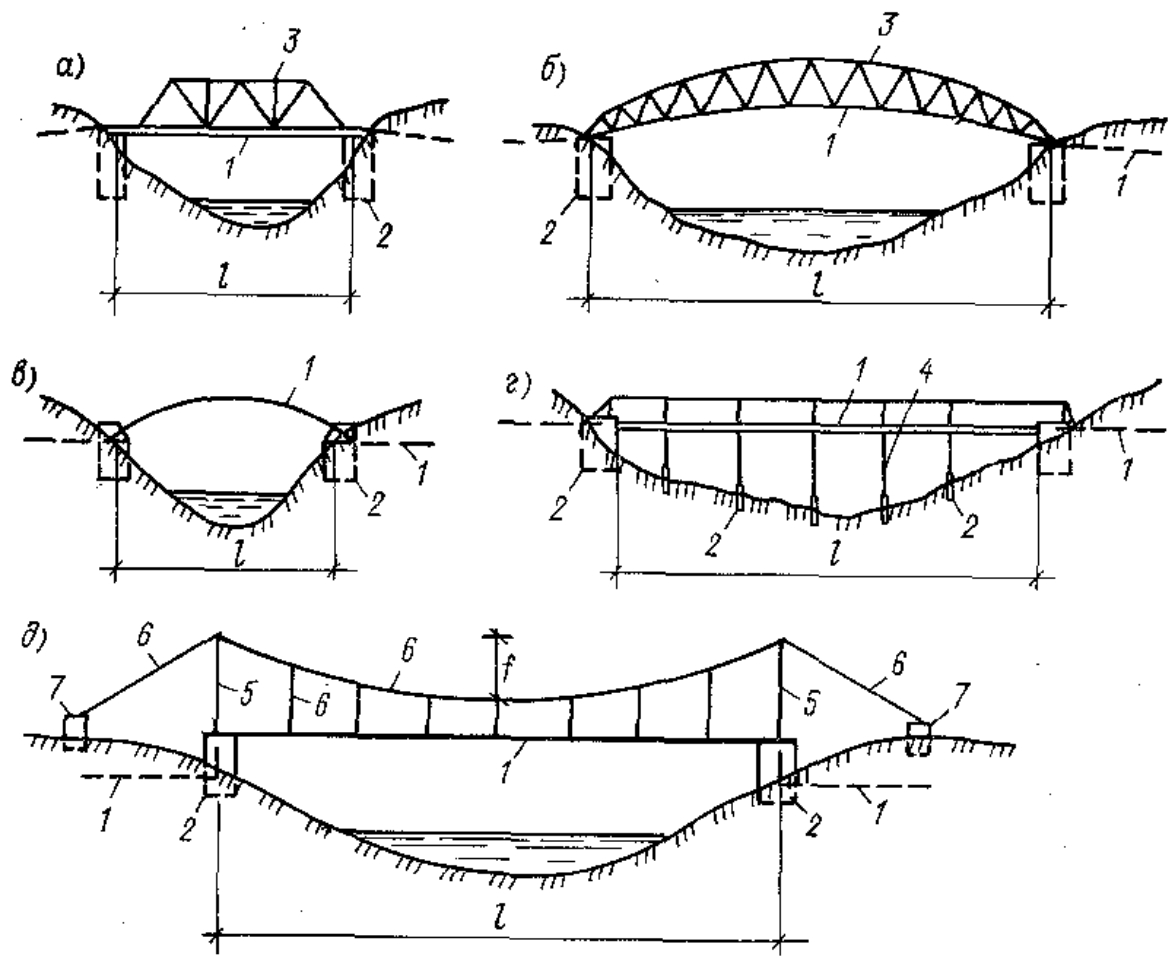


Рис. 5.18 - Схеми повітряних переходів газопроводів:
 а, б – по фермах; в – арочний; г – по естакаді; д – висяча система; 1 – трубопровід; 2 – фундаментні опори; 3 – ферма; 4 – стоек; 5 – пілон; 6 – ванга; 7 – якір

При перетинанні газопроводами високого тиску залізничних і трамвайних шляхів за діючими правилами Держтехнадзору мережі слід прокладати у футлярах із сталевих труб. Схема перетину вміщує лінію газопроводу, сталевий футляр, діаметр якого повинен бути на 100 мм більшим діаметру труби, і відвідну трубку з дефлектором і сальником. Глибина переходу повинна бути не менше 1,5 м. При тупикових мережах запірні пристрої встановлюють з одного боку переходу (за напрямком руху газу), при кільцевих – з двох боків, на відстані не менше 100 м від вісі крайніх під'їзних шляхів.

На одному кінці переходу встановлюють контрольну трубку і виводять її під ковер. На ділянках перетину трамвайних шляхів газопроводи слід

покривати ізоляцією посиленого типу і укласти на діелектричних прокладках. Кінці футлярів треба виводити на 2 м далі крайніх рейок трамвайних шляхів.

При підземній прокладці газопроводів у містах з розвинутим підземним господарством багато випадків перетину. При цьому газопроводи низького і середнього тиску, які перетинають стінки каналізаційних колекторів або тунелів, слід прокладати тільки в ізольованих футлярах.

Приклади розрахунків

Приклад 5.1. Виконати гідравлічний розрахунок кільцевих газових мереж низького тиску мікрорайонів № 1 і 2 (див. рис. 5.19)

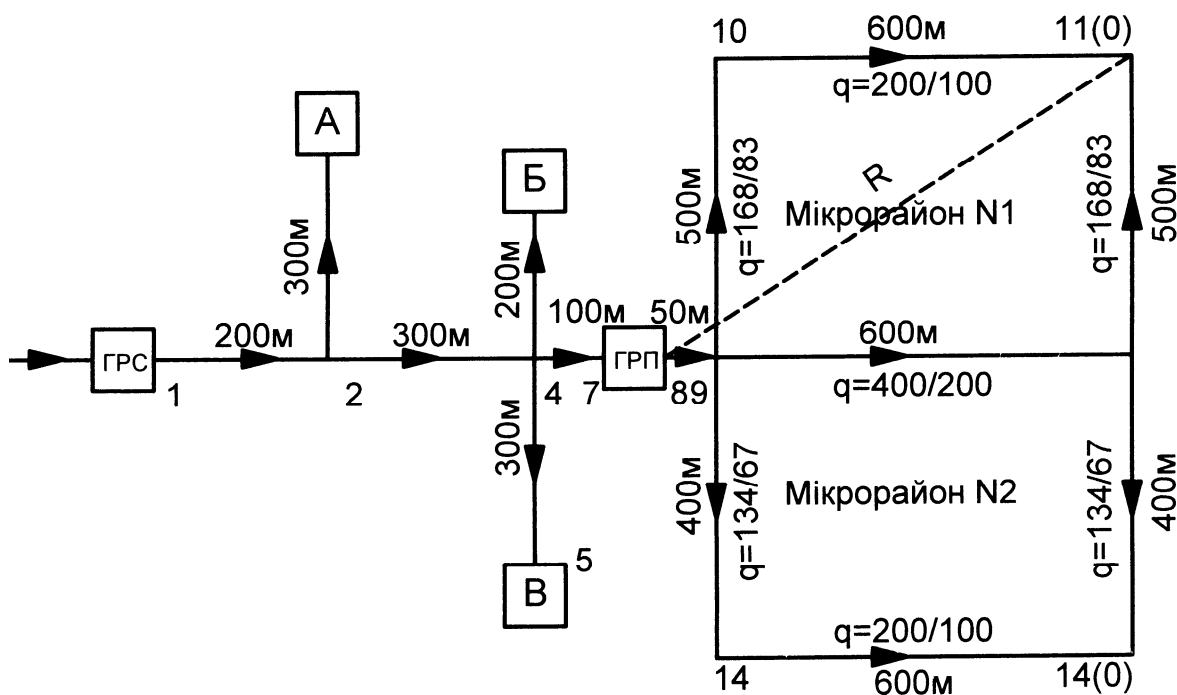


Рис. 5.19. – До розрахунку газопроводів низького і середнього тиску:
 А – промислове підприємство; Б – механізована пральня; В – районна опалювальна котельня; R – радіус дії ГРП; q – витрата газу, м³/год (у чисельнику – супутня на ділянці, у знаменнику – еквівалентна).

Мікрорайони мають рівномірно розподілені витрати. Природний газ з теплою згоряння 8500 ккал/м³ й щільністю 0,73 кг/м³ використовується на побутові й комунально-побутові потреби. Розрахункова годинна витрата газу

$Q_{розр}=1400 \text{ м}^3/\text{год}$. Радіус дії ГРП $R=800 \text{ м}$. Фактична довжина ділянок мережі наведена на рис. 5.19. Щільність населення у мікрорайонах однакова.

Визначаємо умови живлення газом розрахункових ділянок мережі й розрахункову довжину ділянок, окрім ділянки 8-9, на якій витрата газу є транзитною.

Питома витрата газу

$$q_{пит} = Q_{розр} / \sum l_{розр} = 1400 / 2100 = 0,666 \text{ м}^3/\text{год}\cdot\text{м}.$$

Потім визначаємо супутні й еквівалентні витрати газу на кожній розрахунковій ділянці мережі. Всі показники розрахунків заносимо до табл. 5.6.

Таблиця 5.6. Супутні й еквівалентні витрати до розрахунку мережі низького тиску мікрорайонів № 1 і 2

Розрахункова ділянка	Довжина ділянки, м		Витрата на ділянці, $\text{м}^3/\text{год}$	
	$l_{ф}$	$l_{розр}$	q_c	$q_{екв}$
9-10	50	250	166	83
10-11	600	300	200	100
11-12	500	250	166	83
12-13	400	200	134	67
13-14	600	300	200	100
14-9	400	200	134	67
9-12	600	600	400	200

Примітка. На ділянці 9-12 двобічне живлення, на інших – однобічне.

На розрахунковій схемі (рис. 5.19) приймають напрямок потоків газу від ГРП до нульових точок 11 і 13. На цій же схемі ставлять фактичну довжину ділянок і значення супутніх й еквівалентних витрат.

Далі визначають транзитні й розрахункові годинні витрати газу на кожній розрахунковій ділянці мережі. Розрахункова годинна витрата газу на ділянці 8-9 дорівнює $1400 \text{ м}^3/\text{год}$. Значення транзитних й розрахункових витрат заносять до табл. 5.7.

За формулою $H_{сер} = \Delta H / \sum l_{розр}$ встановлюють середні питомі втрати тиску від ГРП до нульових точок.

Таблиця 5.7. – Розрахунок мережі низького тиску

Розрахункова ділянка	l_{ϕ} , м	Витрата газу на ділянці, м ³ /ГОД				d , мм	Втрати тиску, кгс/м ²		
		q_c	$q_{екв}$	q_m	$Q_{розр}$		H (на 1 м)	$H l_{\phi}$ (на всю ділянку)	$H l_{\phi+z}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Кільце I (первинний розрахунок)									
11-10	600	200	100	-	100	121	0,07	42	46
10-9	500	166	83	200	283	159	0,1	50	55
9-8	50	-	-	1400	1400	273	0,16	8	9
Всього									110
11-12	500	166	83	-	83	108	0,09	45	50
12-9	600	400	200	300	500	219	0,07	42	46
9-8	50	-	-	1400	1400	273	0,16	8	9
Всього									105
Кільце II (первинний розрахунок)									
13-14	600	200	100	-	100	133	0,042	25	28
14-9	400	134	67	200	267	159	0,11	44	49
9-8	50	-	-	1400	400	273	0,16	8	9
Всього									86
13-12	400	134	67	-	67	108	0,06	24	27
12-9	600	400	200	300	500	219	0,07	42	47
9-8	50	-	-	1400	1400	273	0,16	8	9
Всього									83
Кільце II (вторинний розрахунок)									
13-14	600	200	100	-	100	133	0,045	27	30
14-9 ¹	200	67	33,5	200	233,5	133	0,2	40	44
9 ¹ -9	200	67	33,5	267	300,5	159	0,12	24	27
9-8	50	-	-	1400	1400	273	0,16	8	9
Всього									110
13-12 ¹	200	67	33,5	-	33,5	76	0,095	19	21
12 ¹ -12	200	67	33,5	67	100,5	108	0,13	26	29
12-9	600	400	200	300	500	219	0,07	42	47
9-8	50	-	-	1400	1400	273	0,16	8	9
Всього									106

На ділянках 8-9-10-11, 8-9-12-11 $H_{сер1} = H_{сер2} = 120 / (50 + 600 + 500) = 0,1$ кгс/м²; на ділянках 8-9-14-13 і 8-9-12-13 $H_{сер3}$ і $H_{сер4} = 120 / (50 + 400 + 500) = 0,11$ кгс/м².

За $Q_{розр}$ на ділянці (табл. 5.7) і відповідному $H_{сер}$ у номограмі (рис. 5.16) знаходять діаметр газопроводу і питому втрату тиску на ділянці. Так, на ділянці 11-10, де $Q_{розр} = 100$ м³/год і $H_{сер} = 0,1$ кгс/м² на 1 м, на номограмі відображають точку А. Із точки А (витрата газу на ділянці не змінюється) пряма перетинається з прямою $d = 121$ мм. Із точки перетину Б опускають перпендикуляр на вісь абсцис і на ній знаходимо значення питомої втрати тиску на ділянці 11-10: $H_{11-10} = 0,07$ кгс/м² на 1 м.

Наступні ділянки мережі розраховуються аналогічно ділянці 11-10.

У кільці II сумарні втрати тиску в напівкільцях (первинний розрахунок) за табл. 5.7 дорівнюють 86 і 83 кгс/м² при розрахунковій втраті тиску 120 кгс/м²; нев'язка – більше 15 %.

У зв'язку з цим у кільці II виконують вторинний розрахунок (табл. 5.7). При цьому сумарні втрати тиску в напівкільцях дорівнюють 110 і 106 кгс/м². Нев'язка в напівкільцях:

у кільці I $((120 - 110) / 120) 100\% = 9\%$; $((120 - 105) / 120) 100\% = 12\%$;

у кільці II $((120 - 110) / 120) 100\% = 9\%$; $((120 - 106) / 120) 100\% = 11\%$.

Нев'язка в напівкільцях – менше 10-15 %; діаметри на ділянках підібрані правильно.

Чим вище сумарні втрати тиску на півкільцях, тим менше діаметри газопроводів, тобто зменшується металомісткість і вартість газових мереж.

Далі визначають нев'язки втрат тиску в кільцях мережі:

у кільці I $((110 - 105) / 110) 100\% = 4,5\%$;

у кільці II $((110 - 106) / 110) 100\% = 3,6\%$.

Нев'язки у кільцях – менше 10 %; гідравлічний розрахунок кільцевих мереж виконаний правильно.

Приклад 5.2. Виконати гідравлічний розрахунок міських магістральних (тупикових) газопроводів середнього тиску. Дані для розрахунку подані у табл. 5.8.

Таблиця 5.8. – Розрахункові годинні витрати і тиск газу

Ділянки розподілу і споживання газу	Розрахункові годинні витрати газу, м ³ /год	Необхідний абсолютний тиск газу, кгс/см ²
А	2000	2,8
Б	100	2,8
В	1600	2,7
ГРП	1400	2,8

Після вибору місця розташування ГРС і трасування мережі визначаємо розрахункові годинні витрати газу на кожній ділянці мережі. Фактичну довжину ділянок приймають за схемою (рис. 5.19), а розрахункову знаходять за формулою $l_{розр}=l, l_f$.

Знаючи початковий тиск газу у ГРС ($p_n=4$ кгс/см²) і тиск у газопроводах, підключених до самого віддаленого від ГРС споживача ($p_k=3,7$ кгс/см²), знаходять:

$$\alpha_{сер}=(4^2-3,7^2)/(1,1 \cdot 0,85)=2,31/0,935=2,5.$$

За розрахунковими годинними витратами газу на ділянках і $\alpha_{сер}$, використовуючи номограму (рис. 5.13), визначають діаметри газопроводів і фактичне значення α для кожної ділянки мережі. Так, для ділянки 1-2, де витрата газу дорівнює 5100 м³/год і $\alpha_{сер}=2,5$, $d=219$ мм і $\alpha_{1-2}=1,2$. Далі визначаємо кінцевий тиск газу на ділянці 1-2:

$$p_k=\sqrt{4^2-1,2 \cdot 0,275}=3,94 \text{ кгс/см}^2.$$

Всі результати розрахунку заносять до табл. 5.9.

Таблиця 5.9. – Розрахунок мережі середнього тиску

Розрахункова ділянка	Розрахункова година витрата $Q_{розр}$, м ³ /ГОД	Діаметр газопроводів d, мм	Довжина ділянки, км		Початковий абсолютний тиск p_n , кгс/см ²	Параметри втрат тиску α	Кінцевий абсолютний тиск p_k , кгс/см ²
			$l_{ф}$	$l_{розр}$			
1-2	5100	219	0,25	0,275	4	1,2	3,94
2-4	3100	159	0,3	0,33	3,94	2,4	3,85
2-3	2000	133	0,3	0,33	3,94	2,6	3,84
4-5	1600	133	0,3	0,33	3,85	1,8	3,78
4-6	100	57	0,2	0,22	3,85	0,5	3,83
4-7	1400	133	0,1	0,11	3,85	1,2	3,82

Якщо при даних діаметрах на ділянках мережі розрахунковий тиск дорівнює необхідному тиску, прийнятому в споживачів газу, або більше його, то гідравлічний розрахунок магістральних газопроводів вважається виконаним. Якщо розрахунковий тиск у газопроводах, підключених до споживачів, менше необхідного, слід збільшити діаметри на одній або декількох ділянках мережі. У даному прикладі розрахункові тиски газу більше необхідних. Розрахунок газопроводів середнього тиску виконаний правильно.

Контрольні запитання

1. Призначення систем газопостачання і їхніх джерел.
2. Методи прокладання розподільних і розвідних газопроводів.
3. Яка мета гідравлічного розрахунку газових мереж?
4. Як користуватися номограмою гідравлічного розрахунку газопроводів середнього і високого тиску (ключ до номограми)?
5. Як користуватися номограмою гідравлічного розрахунку газопроводів низького тиску?
6. Як визначають річні й годинні витрати газу на побутові потреби?

Список літератури

1. ДБН В.2.5-22-2002. Інженерне обладнання будинків і споруд . Зовнішні мережі гарячого водопостачання та водяного опалення з використанням труб зі структурованого поліетилену з тепловою ізоляцією із спіненого поліетилену і захисною гофрованою поліетиленовою оболонкою.
2. ДБН Д.2.2-22-99. Сборник 22. Водопровод – наружные сети.
3. ДБН Д. 2.2-23-99. Сборник 23. Канализация – наружные сети.
4. ДБН Д. 2.2-24-99. Сборник 24.Теплоснабжение и газопроводы – наружные сети.
5. ДБН Д2.4-16-2000. Збірник 16. Зовнішні інженерні мережі.
6. СНиП 2.04.02-84. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения.
7. СНиП 2.04.03-85. Канализация. Наружные сети и сооружения.
8. СНиП 2.04.07-86. Тепловые сети.
9. СНиП 3.05.03-85. Тепловые сети.
10. СНиП 3.05.04-85* (зі зміною 1) изд. 1990г. Наружные сети и сооружения водоснабжения и канализации.
11. Алексеев М.И., Дмитриев В.Д. и др. Городские инженерные сети и коллекторы. – Л.: Стройиздат, 1990. – 384 с.
12. Бережнов І.О., Шульга М.О. Улаштування і експлуатація теплових і газових мереж.- К.: НМК ВО , 1992. – 124 с.
13. Дмитриев М. И., Городские инженерные сети. – М.: Стройиздат, 1988.
14. Шульга М. О., Бережнов І.О.Енергопостачання міст. – К.: І СДО, 1993. - 228 с.
15. Пешехонов Н.И., Проектирование теплоснабжения. – К.: Вища школа. Головне вид-во, 1982. - 328 с.
16. Ботук В.О., Федоров Н.Ф. Канализационные сети. – М.: Стройиздат, 1974.
17. Абрамов Н.Н. Водоснабжение. – М.: Стройиздат, 1982.
18. Ионин А.А. Теплоснабжение. – М.: Стройиздат, 1973.

19. Ионин А.А. Газоснабжение. – М.: Стройиздат, 1989.
20. Кузнецов В.С. Электроснабжение и электроосвещение городов. – Минск: Высшая школа, 1989.
21. Таги-Заде Ф.Г. Энергоснабжение городов. – М.: Стройиздат, 1980. – 277 с.
22. Водяные тепловые сети: Справочное пособие по проектированию/ И. В. Беляйкина, В. П. Витальев, Н. К. Громов и др.; Под ред. Н. К. Громова, Е. П. Шубина. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 376 с.
23. Шульга М.О., Алексахін О.О. Теплопостачання та гаряче водопостачання. Навч. посібник. – Харків: ХНАМГ, 2004. – 229 с.

Предметний покажчик

А

Аерація 27, 69
Аеротенк 66, 67, 71, 72
Анаеробні мікроорганізми 65, 67
Апарат теплообмінний 104, 109, 134
Арматура 30, 50, 217
Артезіанські води 7, 8

Б

Бактерії 21, 22, 26
- патогенні 21, 22
- сапрофітні 21
Бактеріологічне забруднення 21
Бактерицидне опромінювання 22, 26
Біологічні пруди 66
Біофільтр 66, 71, 72
Бризкальні басейни 11

В

Вакуум 16, 20, 28, 71
Вакуум фільтрування 70
Вакууметрична висота всмоктування 17

Вантуз 30
Вводно-розподільне обладнання 185
Вежа 33
Вентиль 30
Витрати 37, 39, 47, 65, 74, 75, 76, 78, 92, 93, 186, 187
- води 38, 40, 41, 42, 43, 45, 145, 160
- газу 211, 227, 230, 233
- супутні 245
- теплоти 101, 159
- транзитні 234
Відстійник 9, 22, 65, 66, 67, 72
- вертикальний 23, 24, 67
- горизонтальний 23, 67
- радіальний 23, 67
Водовід 49
Водозабір горизонтальний 12, 14, 16
Водозабірні свердловини 12
Водонапірна башта 9
Водоносний горизонт 8, 11, 14
Водопідігрівна установка 129
Водопідйомні пристрої 16, 19
Водопостачання 7, 10
- оборотне 10, 11, 28, 35
- прямоточне 10
Втрати тиску 144, 229, 230, 234, 235

Г

Газ

- зріджений 204
- побіжний нафтовий 204
- природний 204
- Газгольдер 211, 212
- Газопостачання 204
- Газопровід 205, 216, 217
- Газорегуляторні пункти 205, 207, 213, 214, 215
- Газорозподільні станції 204
- Геометрична висота всмоктування 17, 18
- Гипохлорит 26
- Гідравлічний розрахунок 45, 47, 78, 84, 144, 146, 161, 226, 229, 231
- Гідрант 30, 31, 45
- Гідрат 23
- Гідроелеватор 19, 67, 69
- Гідроліз 23
- Глибина закладання 11, 31, 81, 82, 83
- Градирня 11, 28
- Грунтові води 13, 14, 29, 31

Д

- Джерела 16, 26, 27, 28
- водопостачання 7, 8, 9, 22, 23

- електропостачання 172, 173
- газопостачання 208
- теплопостачання 96, 103, 172
- Деаерація 104, 106
- Дезінфекція 66
- Дистиляція 28
- Дифузор 20
- Дощоприймальник 86
- Дрібнодисперсні частинки 22
- Дріт 193
- Дюкер 91, 242

Е

- Евапорація 66
- Ежектор 69, 109
- Елеватор водоструминний 134
- Екстракція 66
- Електродіалізатор 29
- Електроліз 29, 66, 73
- Електропостачання 172
- Електростанція 173
- Ерліфт 19

Ж

- Жироловка 66
- Жорсткість 21, 106

З

Забруднення 64
- мінеральні 64
- органічні 64, 66
Запобіжний клапан 30, 213
Засувка 30, 31, 35, 134, 217, 220
Затвор 218
Знешкодження 57
«Зчіпка» 50

І

Інженерні споруди 7, 11
Іон 21, 29

К

Кабель 172, 183, 184, 185, 195, 197
Кабельна каналізація 200
Кавітація 17
Камера
- засмоктуюча 14
- змішувальна 20
- каптажна 12, 14
- приймальна 14
Канал 156

Каналізація

- вивізна 64
- дощова 57
- побутова 57

- сплавна 58

Катіон 26, 29

Катіонування 27

Кінетична енергія 19

Клапан 30

- зворотний 30, 35, 132

- редуційний 30

Класифікація

- систем водовідведення 57

- систем водопостачання 7

- систем газопостачання 204, 205

- систем електропостачання 172

Коагулювання 22, 71

Коефіцієнт 36, 37, 38, 39, 42, 46, 74,
78, 229

- корисної дії 18, 107, 118

Колектор 50, 63, 83, 84

Колодязь 8, 13, 32, 50, 84, 217, 219,
220

- водоприймальний 14

- вузловий 84

- зворотний 84

- лінійний 84

- оглядовий 30, 31, 84, 88

- перепадний 84

- шахтний 12, 13, 14, 16

Компенсатор лінійних подовжень 221, 222

- осьовий 149, 150
- радіальний 149, 150

Компресор 19, 217

Концентрація 21, 64, 65, 66

Котел

- водогрійний 105, 117
- паровий 109

Котельня 98, 114

М

Мережа 50, 179, 182

- водопровідна 9, 29, 44
- газова 216
- електрична 172
- каналізаційна 57, 74, 81, 83, 85
- теплова 96, 140, 141

Метантенк 67, 69, 70, 72

Мішалка 69

Мул

- активний 71, 72
- надлишковий 72

Мулоуловлювач 72

Н

Навантаження 174, 226

- електричне 188, 189, 190
- розрахункове 188, 190, 191, 192, 193, 202
- теплове 99, 160

Накип 106

Напір 18, 43, 45, 139

- вільний напір 43, 44, 48
- втрата напору 17, 43, 46, 47, 144, 161
- повний напір 18
- статичний напір 20
- швидкісний напір 17

Насос 9, 10, 11, 12, 17, 44, 69, 71, 86

- відцентровий 16, 17, 18
- живильний 105, 109
- рециркуляційний 105
- сітьовий 109

Насосна станція 10, 33, 35, 57, 58, 67, 86, 137

Нафтоловка 66

Номограма для гідравлічного розрахунку 232, 237

Норма 41, 228

- водовідведення 74
- споживання гарячої води 103, 158

О

Обеззаражування 20, 22, 26, 27, 73

Озонування 22, 26

Освітлювач 22, 23, 66

Опалювальна характеристика
питома 102

Опори трубопроводів

- анкерні 182

- кінцеві 182

- кутові 182

- нерухомі 148

- проміжні 182

- рухомі 148

Опріснення 28

Осад 65, 67, 69, 71

Очистка 20, 22

- біологічна 66

- механічна 66

- фізико-хімічна 66

Очищення 7, 57, 64

П

Пара водяна 98

П'єзометрична лінія 8, 44

Підігрівник води сітьовий 110, 112

Підстанція 172, 173

Пісколовка 66, 67

Пожежний гідрант 30, 31, 45, 50

Поля фільтрації 66

Пом'якшення води 27

- катіонне 27

- реагентне 27

Потужність 18

- ГРП 205, 207, 213, 214, 215

- насосу 18, 162

- ЦТП 102

Прокладка теплових мереж

- безканальна 156

- у непрохідних каналах 157

- у прохідних каналах 157

Р

Резервуар чистої води 9, 35

Решітка 14, 66, 67, 85, 87

Розрідження 16

С

Свердловина 10, 12, 16, 19, 210

Септик 66, 67, 69

Система 58

- водопостачання 7

- газопостачання 206

- електропостачання 172, 173

- енергетична 172, 173

- каналізації 57, 58

- теплопостачання 96

Сорбція 66

Споживач 172

Споруди 71

- водозабірні 9, 10, 11, 14, 15

- інженерні 9, 102, 137, 205

- очисні 9, 10, 13, 22, 57, 58, 64

Способи прокладки мереж

- водопостачання 49, 50, 51, 52

- газопостачання 239, 240, 241

- електропостачання 194, 195, 198

- каналізації 87

- теплопостачання 156

Стабілізація води 27

Станція 10, 11, 16

- атомна електрична 177

- гідроелектрична 174, 176

- конденсаційна електрична 174,
175, 176

- теплофікаційна електрична 174

Стендер 30

Стояк 225, 226

Сушила 71

Схема 8, 9, 10, 11, 15, 17, 34, 59, 178

- зонна 7, 61

- паралельна 61

- перпендикулярна 60

- перетинна 60

- приєднання споживачів 130, 134,
136, 227

- принципова 109, 132, 175

- радіальна 61, 179

Т

Теплова ізоляція 150

Теплові пункти 129, 141

Теплоелектроцентрально 97, 107, 109,
174

Теплоізоляційні матеріали 151

Теплоносій 98, 177

Тиск 10, 20, 30, 31

Трансформатор 173

Труби 29, 35, 83, 147, 210, 211

Трубопровід 9, 49

- всмоктуючий 16

- зворотний 100, 104

- нагнітальний 16

- напірний 11, 20, 57, 87

- подавальний 35, 100

- самопливний 58

- самотічний 11

У

Утилізація 57, 109

Ф

Фільтр 9, 12, 22, 25, 26, 27, 29, 70

Фільтрування 22, 25, 26

Флокулянт 23

Флотація 66

Форсунка 19

Х

Хлор 22, 26, 66, 73

Хлораторна 73

Хлорування 22, 26, 66

Ш

Швидкість 20, 22, 23, 79, 80

Я

Якість води 20, 21, 22

Навчальне видання

Микола Олександрович Шульга

Ірина Леонідівна Деркач

Олександр Олексійович Алексахін

ІНЖЕНЕРНЕ ОБЛАДНАННЯ НАСЕЛЕНИХ МІСЦЬ

Підручник

Редактор М.З. Аляб'єв

Коректор З.І. Зайцева

План 2007, поз.7П

Підп. до друку 21.09.2007	Формат 60×84 1/16	Друк на різнографі
Папір офісний	Умовн.-друк. арк. 11,7	Обл.-вид. арк. 12,2
Замовл. №	Тираж 500 прим.	

61002, Харків, ХНАМГ, вул. Революції, 12

Сектор оперативної поліграфії ІОЦ ХНАМГ

61002, Харків, вул. Революції, 12