

**658.382.3**

**T 191**

**Міністерство освіти і науки України  
Запорізька державна інженерна академія**

---



**В. К. Тарасов  
Г. Б. Кожемякін  
І. О. Кутузова**

**БЕЗПЕЧНА ЕКСПЛУАТАЦІЯ ІНЖЕНЕРНИХ  
СИСТЕМ І СПОРУД**

**Навчально-методичний посібник**

*для студентів ЗДІА  
спеціальностей: 183 - «Технології захисту навколишнього середовища»,  
263 - «Цивільна безпека»*

Міністерство освіти і науки України  
Запорізька державна інженерна академія

*Затверджено до друку  
рішенням науково-методичної ради ЗДІА  
протокол № 8 від 22.06.2017р.*

## **БЕЗПЕЧНА ЕКСПЛУАТАЦІЯ ІНЖЕНЕРНИХ СИСТЕМ І СПОРУД**

**Навчально-методичний посібник**

*для студентів ЗДІА  
спеціальностей: 183 - «Технології захисту навколишнього середовища»,  
263 - «Цивільна безпека»*

*Рекомендовано до видання  
на засіданні кафедри ПЕОП,  
протокол № 12 від 17.05.2017р.*

Запоріжжя  
ЗДІА  
2017

УДК 658.382.3  
Т 191

*В. К. Тарасов, к.т.н., доцент*  
*Г. Б. Кожемякін, к.т.н., професор*  
*І. О. Кутузова, старший викладач*

**Відповідальний за випуск:** *зав. кафедри ПЕОП,*  
*к.т.н., професор Г. Б. Кожемякін*

**Рецензенти:**

*М. А. Макушин, директор ТОВ «Центр будівельних технологій»*  
*(м. Запоріжжя);*

*О. Г. Добровольська, к.т.н., доцент кафедри водопостачання і водовідведення*  
*Запорізької державної інженерної академії.*

**Тарасов В. К.**

Т 191      Безпечна експлуатація інженерних систем і споруд: навчально-методичний посібник для студентів ЗДІА спеціальностей: 183 - «Технології захисту навколишнього середовища», 263 - «Цивільна безпека» / Тарасов В. К., Кожемякін Г. Б., Кутузова І. О.; Запоріж. держ. інж. акад. – Запоріжжя: ЗДІА, 2017. – 160 с.

## ЗМІСТ

	Стор.
<b>ВСТУП</b>	6
<b>РОЗДІЛ 1. Призначення і класифікація інженерних мереж і споруд</b>	9
1.1 Інженерне забезпечення сучасних міст та підприємств	9
1.2 Устрій інженерних систем	10
1.3 Класифікація міських інженерних мереж	13
Питання для самоконтролю	17
<b>РОЗДІЛ 2. Особливості устрою системи водопостачання</b>	
2.1 Схеми водопостачання міст і селищ	19
2.2 Різновиди систем водопостачання промислових підприємств	21
2.3 Визначення і розрахунки витрат води на різні терміни часу	23
2.3.1. Добові й річні витрати води	25
2.3.2. Погодинні витрати води	26
2.4 Витрати води на пожежогасіння житлових будівель і підприємств	29
2.5 Режими роботи водопровідних мереж	30
2.6 Розробка мереж з врахуванням вимог безпеки під час їх експлуатації	31
2.6.1 Запірна та регулювальна арматура	32
2.6.2 Захисна система трубопроводів від гідравлічного удару	36
2.7 Заходи безпеки при знезараженні та амонізації води	43
2.7.1 Правила техніки безпеки при експлуатації хлораторних	43
2.7.2 Зберігання хлору на складах	43
2.7.3 Правила безпеки під час перевезення балонів і контейнерів з хлором	51
2.7.4 Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях, надання першої допомоги у разі отруєння хлором	54
2.7.5 Установки для амонізації води	55
2.7.6 Установки для знезараження води гіпохлоритом натрію	56
2.7.7 Озонаторні установки	57
2.7.8 Бактерицидні установки	59

2.8 Безпека праці при експлуатації систем водопостачання	61
Питання для самоконтролю	63
	66
<b>РОЗДІЛ 3. Системи водовідведення стічних вод</b>	68
3.1 Обладнання і споруди на мережах водовідведення	68
3.2 Влаштування мереж водовідведення з врахуванням заходів безпеки	69
3.3 Визначення розрахункових витрат стічних вод	71
3.4 Трасування та основи проектування каналізаційних мереж	75
3.5 Вибір матеріалу труб і способів їх з'єднання	77
3.6 Безпека праці при експлуатації систем каналізації зовнішньої мережі	80
3.7 Каналізаційні насосні станції	86
Питання для самоконтролю	92
<b>РОЗДІЛ 4. Інженерні системи і споруди теплопостачання</b>	93
4.1 Загальні принципи трасування і розміщення мереж в містах і кварталах	93
4.2 Особливості прокладки теплових мереж	94
4.3 Захисне обладнання на трубопроводах теплових мереж	96
Питання для самоконтролю	97
<b>РОЗДІЛ 5. Системи газопостачання міст і підприємств</b>	98
5.1 Вибір і обґрунтування газової системи	98
5.2 Розрахунки споживання газового палива	100
5.2.1 Річні витрати газу комунальними та громадськими підприємствами	103
5.2.2 Річні витрати газу на опалення та вентиляцію	105
5.2.3 Максимальні годинні витрати газу	107
5.3 Газорегуляторні пункти і установки	108
Питання для самоконтролю	112
<b>РОЗДІЛ 6. Устрій міської системи електропостачання</b>	113
6.1 Призначення і класифікація міської системи	113
6.2 Джерела і технологічне обладнання електричних мереж	114
6.2.1 Лінії електропередачі	116
6.2.2 Електроприймачі споживачів	118
Питання для самоконтролю	119

<b>РОЗДІЛ 7. Раціональне і безпечне розміщення інженерних мереж різного призначення на території міст і селищ</b>	121
7.1 Сучасні способи прокладання міських інженерних мереж	121
7.2 Глибина закладання підземних мереж і їх перетинання	125
7.3 Роздільне й спільне прокладання мереж в одній траншеї	125
7.4 Прокладка підземних мереж у загальних колекторах	127
7.5 Безтраншейні (закриті) методи будівництва трубопроводів	129
7.6 Прокладання труб у футлярах	129
7.7 Щитовий спосіб прокладання	131
7.8 Переходи водопровідних ліній через річки, дороги і яри	132
Питання для самоконтролю	135
<b>РОЗДІЛ 8. Практичні заняття</b>	
8.1 Захист інженерних систем і споруд від руйнування у випадку виникнення вибуху	136
8.2 Захист від шуму	139
8.3 Видалення шкідливих речовин з повітря робочої зони	145
8.4 Дослідження небезпеки електричних мереж	148
8.5 Безпека праці при виконанні ремонтних і допоміжних робіт	151
<b>ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ</b>	156
<b>ЛІТЕРАТУРА</b>	158

## ВСТУП

Сучасні населені пункти оснащені всіма видами інженерного благоустрою - водопостачанням, каналізацією, тепло-, газо-електропостачанням, зв'язком та ін.

У процесі вивчення дисципліни студенти повинні чітко засвоїти, що інженерне обладнання в нових побудованих і реконструйованих населених пунктах здійснюється комплексно. Одночасно споруджуються і вводяться в дію всі види інженерного обладнання селітебної і виробничої зон. Інженерні споруди і комунікації розміщують з урахуванням взаємної ув'язки. Всі системи водопостачання, каналізації, газо-, тепло-, електропостачання вирішують централізовано. Тому при розв'язанні цих питань незалежно від кількості населення, природно кліматичних умов, народно-господарського профілю об'єкта необхідно передбачити комплексний підхід до інженерного обладнання.

У зв'язку з цим до навчального плану спеціальності в блок нормативних дисциплін включено вивчення дисципліни «Безпечна експлуатація інженерних систем і споруд».

Дисципліна «Безпечна експлуатація інженерних систем і споруд» відноситься до нормативної частини програми підготовки циклу дисциплін професійної та практичної підготовки бакалаврів за галуззю знань 1702 - Цивільна безпека напряму підготовки 6.170202 - Охорона праці.

Під час експертизи проектів систем водопостачання, водовідведення, теплопостачання та газопостачання, керуючись проектними матеріалами, використовуючи знання законів гідравліки, механіки рідини та газів, довідникові дані, враховуючи технічні вимоги до систем водопостачання, водовідведення, теплопостачання та газопостачання, вимоги будівельних норм, стандартів, норм та правил з питань охорони праці, виробничої санітарії, протипожежного стану та охорони навколишнього середовища в умовах виробництва студенти повинні вміти:

- встановити правильність вибору системи водопостачання, водовідведення, теплопостачання та газопостачання залежно від специфіки небезпечних факторів об'єкту, та відповідність цього вибору вимогам будівельних норм для розроблення рекомендацій щодо забезпечення безпечної експлуатації об'єкта;

- встановити відповідність вимогам будівельних норм прийнятих у проектах розрахункових величин витрат і напорів води для ліквідування надзвичайних ситуацій для розроблення рекомендацій щодо усунення виявлених недоліків.

Під час експертизи проектів систем опалення, вентиляції і кондиціонування, враховуючи теоретичні положення законів механіки рідин та газів, положення ЕСКД, ЕСТД, технологічні вимоги до об'єкта та його специфіку, керуючись вимогами ДСТУ, ТУ, будівельних норм, чинних стандартів, норм та правилам з питань охорони праці, виробничої санітарії, протипожежного стану та охорони навколишнього середовища, використовуючи дані технічних характеристик систем захисту в умовах виробництва потребується вміння класифікувати системи опалення та визначати їх призначення та галузь застосування для встановлення відповідності вибору системи залежно від специфіки небезпечних факторів об'єкту.

Під час роботи у комісіях з приймання в експлуатацію закінчених будівництвом, реконструкцією або технічним переозброєнням об'єктів виробничого та соціально-культурного призначення, проведення перевірок, обстежень технічного стану будівель та споруд, використовуючи нормативні положення з охорони праці, виробничої санітарії, протипожежного стану та охорони навколишнього середовища в умовах виробництва для визначення запобіжних заходів треба вміння:

- аналізувати відповідність влаштування зовнішнього та внутрішнього протипожежного водопостачання;

- аналізувати відповідність влаштування систем зовнішнього та внутрішнього водовідведення, тепlopостачання, газопостачання населених пунктів та промислових підприємств вимогам відповідних нормативних документів.

На певному об'єкті в умовах виробничої діяльності, керуючись вимогами чинної нормативної документації, на підставі технічних характеристик систем захисту будівель і споруд, даними про безпеку об'єктів, з урахуванням особливостей фахової й соціально-виробничої та побутової діяльності, разом з органами, що здійснюють державний нагляд у відповідній сфері в межах своєї компетенції, для виявлення безпеки потребується вміння перевіряти організацію ремонту та обслуговування систем водопостачання.

В умовах повсякденної діяльності під час участі у проведенні експертизи проектної документації на нове будівництво (реконструкцію, технічне переоснащення) підприємств, виробничих об'єктів та об'єктів соціально-культурного призначення на відповідність нормативно-правовим актам з питань забезпечення безпеки, використовуючи дані конструктивних особливостей будівель та споруд, теоретичні основи процесів передачі тепла, керуючись чинним законодавством, нормативними актами з охорони праці, виробничої санітарії, протипожежного стану та охорони навколишнього



середовища, у складі групи фахівців для визначення відповідності нормативним вимогам систем захисту будівель та споруд студенти повинні вміти:

- перевіряти розрахунки очисних споруд систем водопостачання та водовідведення;

- перевіряти розрахунки витрат теплоти для теплопостачання районів забудови, здійснювати вибір обладнання для вироблення та відпуску теплоти, здійснювати вибір схем приєднання споживачів до теплових мереж;

- перевіряти розрахунки основних споруд системи газопостачання.

Інженерні системи та споруди є основним елементом інженерного благоустрою міських територій.

У дисципліні «Безпечна експлуатація інженерних систем і споруд» вивчають широке коло питань з спорудження комунікацій - раціонального улаштування мереж різного призначення, монтажу на них арматури, пристроїв, що забезпечують їх надійну та безпечну експлуатацію тощо. Це наука про раціональне влаштування та прокладання інженерних систем та мереж, які служать для забезпечення населених місць і промислових підприємств водою, різними видами енергії (теплом, газом, електрикою), а також для відведення стічних вод побутової й промислової каналізації.

Метою вивчення дисципліни є надання студентам необхідного обсягу знань у галузі безпечної експлуатації інженерних систем і споруд.

Завданням цього курсу є висвітлення теоретичних основ, питань методики, технології та організації безпечної експлуатації систем і споруд водопостачання, водовідведення, теплопостачання та газопостачання.

Кінцевим результатом вивчення дисципліни є підготовка фахівця, який буде володіти знаннями, пов'язаними з вирішенням питань безпеки прокладання і взаємного впливу мереж різного призначення між собою. У процесі вивчення даної дисципліни студенти здобувають досвід проектування зовнішніх водопровідних, каналізаційних, теплових, газових і електричних мереж, знайомляться з прийомами вибору оптимального варіанта прокладання інженерних комунікацій населеного району. Успішне оволодіння знаннями, уміннями та навичками у цій галузі бакалаврами, спеціалістами і магістрами допомагає їм порівняно легко включатися в професійну діяльність, переводити наукові знання в площину практичного використання.

# РОЗДІЛ 1. ПРИЗНАЧЕННЯ І КЛАСИФІКАЦІЯ ІНЖЕНЕРНИХ МЕРЕЖ І СПОРУД

## 1.1 Інженерне забезпечення сучасних міст та підприємств

Перші відомості про штучні споруди для добування води відносять до третього тисячоріччя до н.е., коли у Древньому Єгипті використовували механізми для підйому води з колодязів. У Вавилоні володіли засобом підйому води на досить значну висоту за допомогою різних пристосувань. У Єгипті і Вавилоні воду з резервуарів розподіляли за допомогою гончарних, дерев'яних, а також металевих (свинцевих і мідних) труб. У період розквіту Древньої Греції й Рима вже існували більш централізовані системи водопостачання. Рим імператорської епохи мав кілька водопроводів. Вода подавалася до міста самопливом по каналах. При перетинанні долин або ярів канали прокладалися по спеціальних мостах-акведуках. Акведуки, що збереглися частково до наших днів являють собою найцікавіші зразки древнього інженерного мистецтва.

Ще до нашої ери древні народи Єгипту і Індії будували досить удосконалені системи для видалення нечистот за межі населених місць. Каналізаційні споруди в Середні століття склалися з каналів, прокладених по вулицях або з тильної сторони домоволодінь, по яких видалялися нечистоти. Змив цих нечистот здійснювався в період дощів і сніготанення. Тому що в суху пору року в цих каналах відбувалося нагромадження нечистот, то з метою зменшення смороду їх перекривали і вони перетворювалися в деяку подібність колекторів.

Початкові відомості про влаштування централізованих міських водопроводів у Європі відносять до XII в. Наприкінці XII в. був побудований перший самопливний водопровід у Парижі. У 1832 р. в Парижі почалося будівництво водовідвідних мереж.

Слідом за системами водопостачання в XIX столітті почалося інтенсивне будівництво систем водовідведення. До 1837 р. довжина колекторів у Парижі перевищувала 80 км, а в 1856р. досягла 140 км.

У міру розростання населених пунктів санітарний стан їх погіршувався. Однак благоустрою міського населення не приділялося належної уваги, що приводило до спалахів епідемій і загибелі великої кількості людей. Ці епідемії послужили поштовхом для початку будівництва в англійських містах споруд з відведення стічних вод. В 1859 р. у Лондоні почали інтенсивно будувати

колектори для відводу стічних вод центра, до 1865 р. їхня довжина складала 130 км.

Першим містом, де був побудований повний комплекс споруд каналізації, була Одеса. Введення загально сплавної системи каналізації в експлуатацію відбулося у 1875 році. Загальна довжина вуличних мереж у місті складала 100 км, очисні споруди були представлені полями зрошення загальною з площею 1150 га, що дозволяло очищати близько 50 000 м<sup>3</sup> стічних вод за добу. Потім почали працювати загально сплавні системи в Тбілісі (1885 р.), у Ялті (1887 р.).

Розвиток техніки енергопостачання (теплопостачання, електропостачання й газопостачання) відноситься до порівняно недавнього часу. Для одержання тепла люди довгий час користувалися примітивними вогнищами й печами, у яких спалювалося тверде паливо. Лише на початку ХІХ із розвитком котлобудування з'явилися централізовані системи теплопостачання з теплоносієм у вигляді пари або гарячою водою, що транспортується по мережах.

У другій половині ХІХ в. з'являються два нових види централізованого енергопостачання - газопостачання й електропостачання.

## **1.2 Устрій інженерних систем**

Вода потрібна людині для господарсько-питних, санітарно-гігієнічних, виробничих і протипожежних цілей. Для транспортування води до місць її споживання в населених місцях і на промислових підприємствах служать мережі водопостачання.

Для організованого відведення забруднених стічних вод служать каналізаційні мережі. Вони складаються із дворових або внутрішньо кварталних, а також вуличних мереж, по яких стічні води відводяться за межі житлової забудови до очисних споруд, після яких їх випускають у водойми.

Теплова енергія відіграє величезну роль у житті людини. Тепло та чисте повітря сприяють підтримці в житлових, комунальних і виробничих приміщеннях найбільш сприятливих умов для життя та діяльності людей. Весь комплекс споруд і пристроїв, що служать для вироблення тепла, його транспортування і споживання, називають централізованим теплопостачанням. Система теплових мереж у підземному господарстві вимагає для свого розміщення певних умов.

Газопостачання широко використовують для господарсько-побутових, комунальних і промислових цілей.

Від місця видобутку до місця споживання газ транспортують по підземній мережі трубопроводів, на якій улаштовують споруди різного призначення.

Існування сучасних міст неможливо без електропостачання. Електрична енергія необхідна для промислових, будівельних, комунальних, побутових та інших потреб. Тому в підземному господарстві міст є розгалужені електричні мережі.

Роздільне прокладання підземних мереж вимагає значних капіталовкладень, витрат праці й створює в населених пунктах великі труднощі для руху транспорту і пішоходів у період будівництва, ремонту й експлуатації цих мереж. Тому в останні роки часто влаштовують підземні колектори і тунелі для сумісного прокладання в них мереж різного призначення.

У даний час у всіх великих містах є централізоване водопостачання та каналізація, в багатьох містах - теплопостачання та газопостачання. Звичайно, у всіх містах зараз є електропостачання для освітлення, побутових і комунально-виробничих потреб.

Підземний простір сучасних великих міст, а також промислових підприємств має складну систему, він насичений різними інженерними спорудами й комунікаціями. Він складається з мереж, колекторів і споруд на них.

**Підземний простір міст** - це складна система підземних комунікацій, що вимагає для їхнього спорудження, будівництва й експлуатації високої кваліфікації інженерно-технічного персоналу. Найбільш складної в інженерному відношенні є каналізація, тому що вона укладається з ухилом у знижених місцях, часто в складних гідрогеологічних умовах і на значній глибині.

Інженерне устаткування населених місць, що представляє собою комплекс технічних пристроїв, призначено для забезпечення комфортних умов побуту й трудової діяльності населення, комунальних і промислових підприємств. Інженерні споруди і комунікації розміщують з врахуванням взаємної ув'язки. Всі системи водопостачання, каналізації, газо-, тепло-, електропостачання вирішуються централізовано. Тому при вирішенні цих питань незалежно від кількості населення, природно-кліматичних умов, народногосподарського профілю об'єкта та інших умов, необхідно передбачити комплексний підхід до інженерного обладнання.

Створення комфортних умов для людини багато в чому залежить від надійності магістральних і міських інженерних мереж, у першу чергу, від якісної роботи джерел водо-, газо-, тепло- і енергопостачання, очисних споруд

які забезпечують прийом фекальних і дощових вод від каналізаційних мереж міст і населених пунктів.

Інженерні мережі є основним елементом інженерного благоустрою міських територій. Озеленення вулиць і мікрорайонів повинне виконуватися в повному узгодженні з розташуванням інженерних мереж у підземному просторі. Проїзні частини вулиць і проїзди в мікрорайонах, як правило, повинні бути вільними від роздільної прокладки трубопроводів і кабелів. Проектувати інженерні мережі необхідно як комплексну систему, що поєднує всі підземні, наземні й надземні мережі й споруди з урахуванням перспективного розвитку міста.

На підставі дослідницьких робіт розробляється проект планування міста. У цьому проекті вирішується весь комплекс питань, пов'язаних з його будівництвом - розселення жителів, розміщення ПП і житлових районів, організація транспортного обслуговування, пристрій водопровідно-каналізаційних споруд, енергопостачання, озеленення й інші питання загального благоустрою.

У проектах детального планування у великому масштабі вирішується планування не всього міста, а якої-небудь його частини, наприклад житлового будинку або мікрорайону. У цій частині проекту повинні бути надані вичерпні рішення того, як будуть забезпечені водою, теплом, енергією, каналізацією, дорогами, транспортом, телефонізацією й т.п. кожний із проєктованих мікрорайонів і окремих об'єктів, визначені поперечні профілі вулиць з урахуванням транспортних потоків і створення необхідних зон прокладки підземних мереж. При цьому повинно вирішуватися питання, пов'язане зі зручностями не тільки будівництва, але й також їх експлуатації (поточного й капітального ремонтів).

З огляду на все вищесказане, необхідною умовою створення всього комплексу інженерного устаткування й благоустрою, що відповідає сучасним вимогам містобудування, є комплексна розробка технічної документації для інженерного забезпечення об'єкта будівництва.

Системи водопостачання, каналізації, тепlopостачання, газопостачання, електропостачання, зв'язку й санітарного очищення селитьби міста розробляються на основі генерального плану розвитку міста, генеральної схеми розвитку відповідних галузей міського господарства і відповідно до вимог нормативних документів.

На стадії складання проекту планування міста розробляються тільки питання інженерного устаткування й благоустрою міста з визначенням обсягу й вартості будівництва.

У проектно-конструкторській документації прийняті наступні позначення інженерних мереж відповідно до ЕСКД: **В** - водопровідні мережі; **КО** - каналізаційні мережі; **ГО** - газові мережі; **ТО** - теплові мережі; **ВО** - силові електричні мережі; **УО** - слабкострумкові електричні мережі.

Одним з основних вимог пропонованих до сучасного містобудування, є глибоке проникнення в екологічні процеси і створення відповідно до цього гармонічної взаємодії міста і його оточення. Інженерний благоустрій міської території нерозривно пов'язаний із зовнішнім природним середовищем. Захист природи та раціональне використання її ресурсів є основним завданням сучасного містобудування. Наприклад, не допускається будівництво інженерних мереж і споруд на територіях заповідників, національних природних парків, ботанічних садів, водоохоронних смуг, у перших поясах зон санітарної охорони джерел водопостачання тощо.

Інженерні мережі є основним елементом інженерного благоустрою міських територій. Озеленення вулиць і мікрорайонів повинне виконуватися в повному узгодженні з розташуванням інженерних мереж у підземному просторі.

Проїзна частина вулиць і проїзди в мікрорайонах, як правило, повинні бути вільними від роздільного прокладання трубопроводів і кабелів.

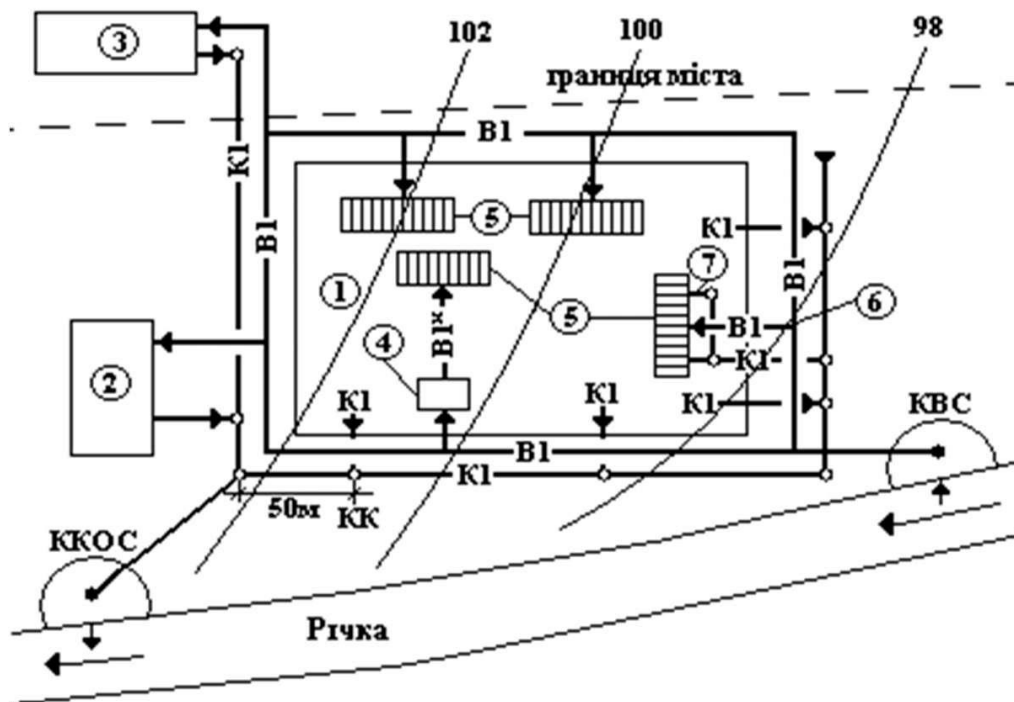
У цілому благоустрій міста є сукупність заходів, що забезпечують найкраще сполучення виробничих, культурно-побутових і гігієнічних умов для життя й виробничої діяльності населення. Створення комфортних умов для людини багато в чому залежить від надійності магістральних й міських інженерних мереж, у першу чергу, від якісної роботи джерел водо-, газо-, тепло- і електропостачання, очисних споруд, що забезпечують приймання фекальних і дощових вод від каналізаційних мереж міст і населених пунктів. Проектувати інженерні мережі треба як комплексну систему, що поєднує всі підземні, наземні й надземні мережі і споруди, з урахуванням перспективного розвитку міста (рис. 1.1, 1.2).

### **1.3 Класифікація міських інженерних мереж**

Трасування інженерних мереж визначає їхній напрямок на плані міста.

При виборі траси необхідно враховувати:

- мінімальну довжину мереж;
- прямолінійність (паралельність червоної лінії забудови, осям вулиць), перетинання вулиць під кутом  $90^{\circ}$ ;

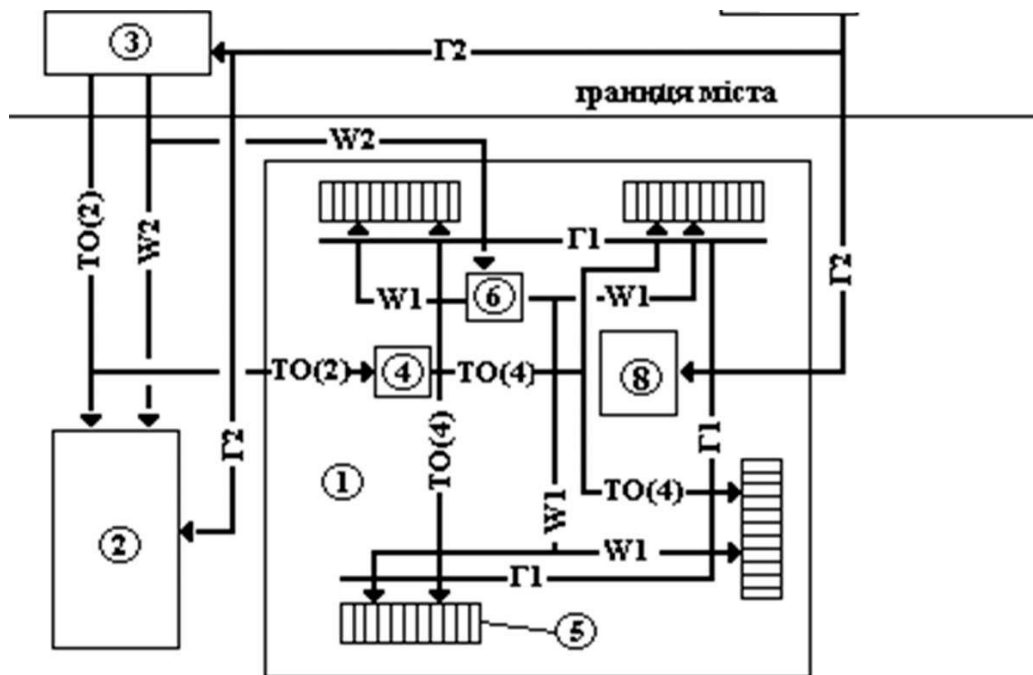


1 - селитебна зона; 2 - промислова зона; 3 - ТЕЦ - теплоелектроцентрально;  
 4 - ПНУ (підвищувальна насосна установка) і ЦТП (центральний тепловий пункт); 5 - будинки мікрорайону; 6 - ввід водопроводу; 7 - каналізаційний випуск; КВС - комплекс водозабірних споруд; ККОС - комплекс каналізаційних очисних споруд

Рисунок 1.1 - Принципова схема водопостачання і каналізації міста (селища)

- категорію ґрунту;
- висоту ґрунтових вод;
- наявність існуючих і нових намічених до будівництва комунікацій;
- мінімальне розбирання дорожнього покриття;
- індустріальність робіт;
- максимальну механізацію будівельно-монтажних робіт;
- створення шумозахисних зелених смуг;
- архітектурно-планувальні рішення.

Виконання цих умов забезпечує найменші капітальні й експлуатаційні витрати, але велика кількість різноманітних інженерних мереж у підземному господарстві міста і необхідність установлення для них загальних норм і правил розміщення в підземному просторі вимагає їхньої класифікації.



1 - селитьба; 2 - промислова зона; 3 - ТЕЦ - теплоелектроцентрально; 4 - ЦТП (центральний тепловий пункт); 5 - споживачі селитєбної зони; 6 - ТП - трансформаторна підстанція; 7 - ГРС - газорозподільна станція; 8 - ГРП - газорегулюючий пункт

Рисунок 1.2 - Принципова схема енергопостачання міста

Міські інженерні мережі класифікуються за наступними ознаками:

- 1 - видом;
- 2 - технологічними особливостями;
- 3 - параметрами робочого середовища;
- 4 - матеріалами;
- 5 - терміном служби;
- 6 - конфігурацією;
- 7 - місцем прокладки;
- 8 - методом прокладки;
- 9 - глибиною розміщення;
- 10 - призначенням.

Трубопровідне транспортування має переваги в порівнянні з доставкою з транспортними засобами:



1. Збереження чистоти і гігієнічності речовин, що транспортуються, і матеріалів (постачання населених пунктів питною водою)

2. Захист навколишнього середовища і людини від негативного впливу (попередження захворювань отруєнь людей) - заміна відкритих стічних каналів закритою мережею господарсько-побутової (фекальної) каналізації, переміщення токсичних і радіоактивних розчинів на ПП.

3. Зменшення трудовитрат - доставка безпосередньо до місця споживання, відсутність необхідності процесів навантаження й вивантаження;

4. Пожежо- й вибухонебезпечність при перекачуванні нафти, газу, нафтопродуктів, бензину, розчину аміаку. Трубопровідне транспортування є найбільш безпечним видом, оскільки захищає від доступу вогню і кисню, необхідних для процесу горіння.

*До складу підземного господарства міст* входить безліч мереж різного призначення. Всі міські інженерні мережі можуть бути класифіковані на три групи:

1. Трубопроводи (ТО, ВО, КО, ГО);
2. Кабелі (ТО, УО);
3. Канали (загальні колектори) (ТО, ВО, ВО, УО).

До *першої групи* відносяться мережі водопроводу, каналізації, газові й теплові мережі, а також спеціальні мережі промислових підприємств (нафтопроводи, золопроводи, паропроводи та ін.).

До *другої групи* відносяться мережі сильних струмів високої й низької напруги (для освітлення, електротранспорту) і мережі слабкого струму (телефонні, телеграфні мережі, мережі радіомовлення).

До *третьої групи* відносяться тунелі (колектори) для розміщення кабелів та загальні колектори, призначені для спільного розміщення мереж різного призначення (теплові мережі, водопровідні, електричні).

*За технологічними особливостями підземні мережі* бувають:

- теплопроводи систем централізованого теплопостачання з максимальною температурою води від джерела тепла 150°C;
- газопроводи високого, середнього й низького тиску;
- водопроводи господарсько-питного водопостачання;
- каналізаційні мережі систем міської каналізації, включаючи водостік для відведення атмосферних вод;
- електричні мережі систем електропостачання (кабелі напругою до 1 кВ і високої напруги 6-10 кВ);
- телефонна мережа.

*За матеріалом:*

1. Для влаштування інженерних мереж застосовують трубопроводи сталеві (теплові, газові, водопровідні мережі), чавунні, залізобетонні, азбестоцементні, пластмасові (водопровідні, каналізаційні мережі).

2. Кабелі електричних і телефонних мереж мають алюмінієві або мідні жили з металевою оболонкою або без неї.

Канали бувають непрохідні, напівпрохідні та прохідні (колектори). Улаштовують їх із залізобетонних елементів з високим ступенем заводської готовності.

Канали (колектори) глибокого закладання роблять для відведення стічних вод самопливом з міської території на каналізаційні насосні станції.

*За терміном служби* інженерні мережі можна розділити на такі групи:

- сталеві труби і кабелі - 30 років;
- всі інші труби - 50 років;
- канали - 100 років.

*За призначенням* всі інженерні мережі, крім каналізаційних підрозділяють на:

- магістральні - живильні (П), їх розташовують, як правило, у польових умовах від джерела постачання до мережі міста. Трасуються ці мережі паралельно залізничним та автомобільним дорогам;

- розподільні ( $P_c$ ) - розміщаються на вулицях у розділових смугах і під тротуарами;

- розводящі ( $P_z$ ) – прокладаються в мікрорайонах від інженерних споруд до будинків, вони обслуговують квартали та групи будинків. Вони є необхідними підземними спорудами кожної вулиці й проїзду міста. Каналізаційні мережі за призначенням підрозділяються на:

- мережі, що приймають ( $P_p$ ) – вони служать для прийому стічних вод від систем внутрішньої каналізації, розташовуються в мікрорайонах від будинків або приймальних зливових колодязів до мереж, що збирають;

- мережі, що збирають (З) – прокладають у розділових смугах вулиць або на території мікрорайону.

- мережі, що відводять ( $O_T$ ) – розміщають їх, як правило, від мережі до очисних споруд.

## **Питання для самоконтролю**

- 1.1 Історія розвитку водопостачання міст і селищ
- 1.2 Перші споруди відведення стічних вод

- 1.3 Перше місто на Україні, де було побудовано повний комплекс водовідведення та його устрій
- 1.4 Призначення інженерних мереж сучасних міст
- 1.5 Що входить до централізованого теплопостачання?
- 1.6 Принципи розробки комплексу інженерного устаткування і благоустрою сучасних міст
- 1.7 Наведіть принципову схему водопостачання і відведення стічних вод міста (селища)
- 1.8 На чому базується схема енергопостачання міста і виробничої зони?
- 1.9 Вкажіть вимоги до вибору трас інженерних мереж
- 1.10 Як проводиться класифікація інженерних мереж та дайте перелік ознак ?
- 1.11 Визначить переваги трубопровідного транспортування води і тепла
- 1.12 Що входить до складу підземного господарства стосовно інженерних мереж?
- 1.13 Визначить ймовірні шкідливі і небезпечні чинники комунального господарства
- 1.14 Засоби індивідуального і колективного захисту при експлуатації інженерних мереж міста і підприємств

## РОЗДІЛ 2. ОСОБЛИВОСТІ УСТРОЮ СИСТЕМИ ВОДОПОСТАЧАННЯ

Система водопостачання являє собою комплекс інженерних споруд, призначених для забезпечення потреб у воді різних об'єктів - міських, селищних, промислових, сільськогосподарських та інших.

Відповідно до виду водоспоживання розрізняють господарсько-питні, виробничі й протипожежні системи водопостачання.

У загальному випадку система водопостачання включає наступні основні елементи або споруди:

- водозабірні споруди, які здійснюють забір води з обраного для заданого об'єкта джерела. Джерела водопостачання бувають підземні й поверхневі. споруди для підйому й перекачування води - насосні станції, які створюють у водопровідних трубах тиск, необхідний для подачі заданої кількості води на необхідну висоту;

- споруди для очистки води;
- резервуари чистої води;
- споруди для транспортування води до місць її розподілу - водоводи;
- споруди для розподілу води по території об'єкта й роздачі її споживачам;
- водопровідна мережа;
- споруди для зберігання с акумулювання води (водонапірна башта).

Різновиди споживання води можуть бути зведені до наступних основних категорій:

- 1) господарсько-питні потреби людей;
- 2) виробниче водоспоживання, пов'язане із забезпеченням технологічних процесів різних виробництв і технологічних потреб;
- 3) витрати води, пов'язані із забезпеченням благоустрою населених пунктів і промислових підприємств (поливання і мийка вулиць, площ і зелених насаджень);
- 4) витрати води на зовнішнє пожежогасіння. водозабірні споруди, які здійснюють забір води з обраного для заданого об'єкта джерела. Джерела водопостачання бувають підземні й поверхневі. споруди для підйому й перекачування води - насосні станції, які створюють у водопровідних трубах тиск, необхідний для подачі заданої кількості води на необхідну висоту;

- 5) споруди для очистки води;
- 6) резервуари чистої води;
- 7) споруди для транспортування води до місць її розподілу -
- 8) водоводи;
- 9) споруди для розподілу води по території об'єкта й роздачі її споживачам
- 10) водопровідна мережа;
- 11) споруди для зберігання с акумулювання води (водонапірна башта).

Схема водопостачання міст і населених пунктів визначається видом джерела водопостачання, якістю води у ньому, рельєфом місцевості, режимом водоспоживання.

При використанні поверхневих джерел водопостачання річкова вода надходить у водозабірну споруду, з якої насосною станцією I-го підйому подається на очисні споруди. Очищена вода надходить у резервуари чистої води, звідки забирається насосами станції II підйому і перекачується по двох водоводах у розводящу водопровідну мережу, що розподіляє воду на окремі райони і квартали населеного пункту. Для вирівнювання нерівномірності споживання води протягом доби і створення необхідного напору влаштовують водонапірну башту або напірний резервуар.

Різновиди споживання води можуть бути зведені до наступних основних категорій:

- 1) господарсько-питні потреби людей;
- 2) виробниче водоспоживання, пов'язане із забезпеченням технологічних процесів різних виробництв і технологічних потреб;
- 3) витрати води, пов'язані із забезпеченням благоустрою населених пунктів і промислових підприємств (поливання і мийка вулиць, площ і зелених насаджень);
- 4) витрати води на зовнішнє пожежогасіння.

Одним з основних елементів системи водопостачання є водопровідна мережа, робота якої нерозривно пов'язана із водоводами, насосними станціями й регулюючими ємностями. На відміну від водоводів водопровідна мережа призначена не тільки для транспортування, але й для розподілу води споживачам. Вона повинна забезпечувати подачу заданих кількостей води необхідної якості до місць її споживання під необхідним напором, надійну роботу системи водопостачання при найменших витратах на будівництво й експлуатацію як самої мережі, так і насосних станцій, і напірно-регулюючих ємностей. Дотримання зазначених вимог досягається правильним вибором

конфігурації мережі й матеріалу труб, визначенням діаметрів труб з урахуванням техніко-економічних міркувань.

*Водопровідна мережа повинна задовольняти основній вимоги* - безперебійна подача води в необхідній кількості до місць її відбору під необхідним напором. Відповідно до цього до водопровідних мереж висувають наступні вимоги: герметичність, мінімальні гідравлічні опори на тертя під час руху води по трубах, високий опір внутрішнім і зовнішнім навантаженням, тривалий термін служби труб і устаткування на мережі. Крім цього, водопровідні труби повинні задовольняти вимогам максимальної економічності.

## 2.1 Схеми водопостачання міст і селищ

Різновиди споживання води можуть бути зведені до наступних основних категорій:

- 1) господарсько-питні потреби людей;
- 2) виробниче водоспоживання, пов'язане із забезпеченням технологічних процесів різних виробництв і технологічних потреб;
- 3) витрати води, пов'язані із забезпеченням благоустрою населених пунктів і промислових підприємств (поливання і мийка вулиць, площ і зелених насаджень);
- 4) витрати води на зовнішнє пожежогасіння.

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 підйомні води першого від поверхні водоносного горизонту, викритого колодзями К1 на рисунку 1.3, називаються *грунтовими*. Грунтові 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. 2.1).

У колодязі, який відкриває напірний водоносний горизонт, вода підіймається до п'єзометричної лінії. Якщо п'єзометрична лінія проходить вище

поверхні землі, спостерігається виливання води з колодязя (колодязь К3 на рис. 2.1). Такі колодязі називаються *самовиливними*. Безнапірні й напірні води можуть виходити на поверхню (джерела).

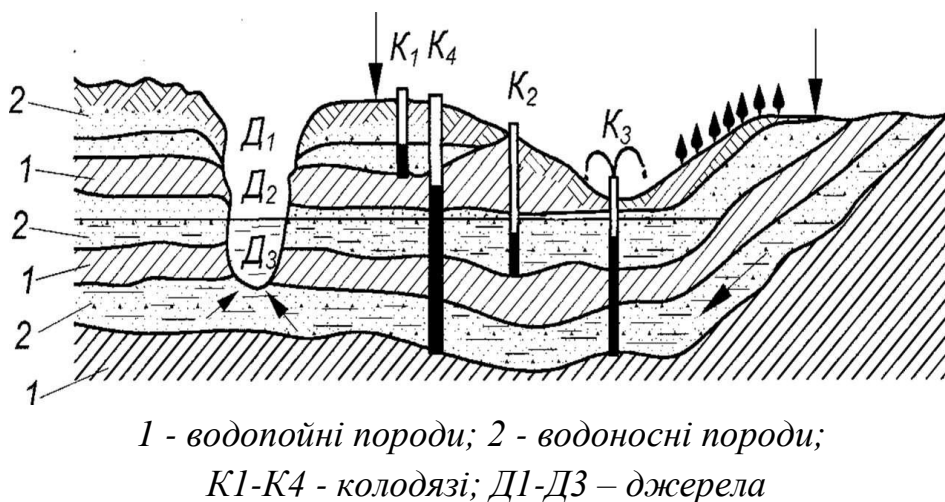


Рисунок 2.1 - Схема утворення і залягання підземних вод

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.

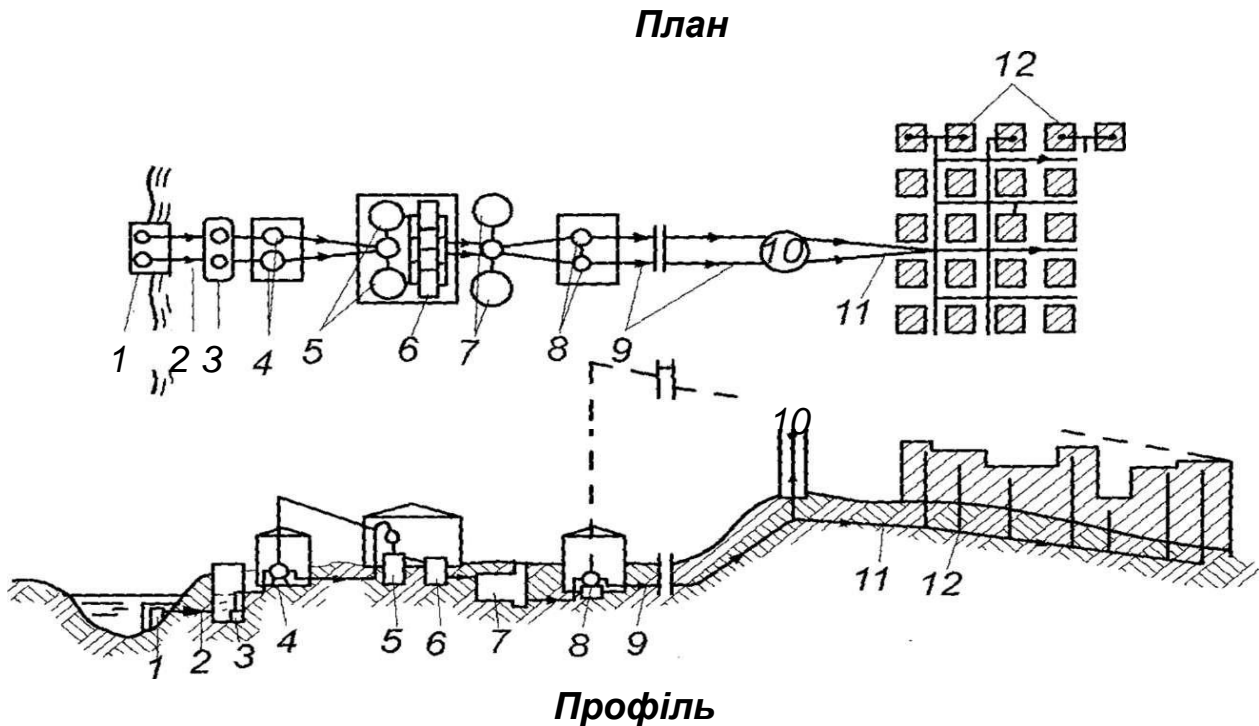
Схема водопостачання міста залежить від виду джерела водопостачання, якості води та його потужності.

На рисунку 2.2 наведена схема водопостачання міста з забором води із ріки. Річна вода надходить до водозабірної споруди, з якої насосами станції першого підйому подається на очисні споруди.

Очищена вода надходить до резервуарів чистої води, відкіля забирається насосами станції другого підйому 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.

Схема водопостачання міст і населених пунктів визначається видом джерела водопостачання, якістю води у ньому, рельєфом місцевості, режимом водоспоживання.

При використанні поверхневих джерел водопостачання річкова вода надходить у водозабірну споруду, з якої насосною станцією I-го підйому подається на очисні споруди.



*1 - водоприймач; 2 - самотечна труба; 3 - береговий колодязь; 4 - насоси станції першого підйому; 5 - відстійники; 6 - фільтри; 7 - запасні резервуари чистої води; 8 - насоси станції другого підйому; 9 - водоводи; 10 - водонапірна башта; 11 - магістральні трубопроводи; 12 - розподільчі трубопроводи*

*Рисунок 2.2 - Схема водопостачання міста*

Очищена вода надходить у резервуари чистої води, звідки забирається насосами станції II підйому і перекачується по двох водоводах у розводящу водопровідну мережу, що розподіляє воду на окремі райони і квартали населеного пункту. Для вирівнювання нерівномірності споживання води протягом доби і створення необхідного напору влаштовують водонапірну башту або напірний резервуар.

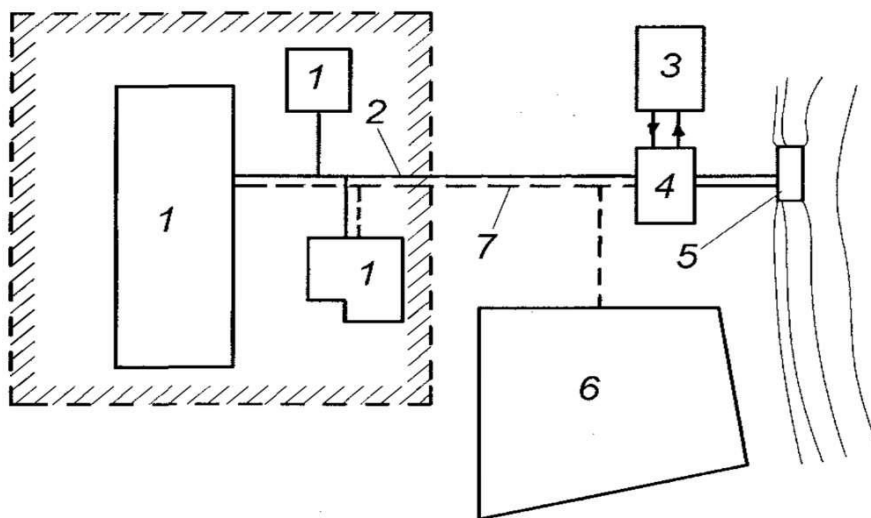
## 2.2 Різновиди систем водопостачання промислових підприємств

Промислові підприємства, які відрізняються різноманітністю технологічних операцій, споживають для окремих процесів воду різної якості,



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 рисунку 2.3 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.



*1 – цех; 2 – мережа водопостачання; 3 – очисні споруди; 4 – насосна станція; 5 – водозабірна споруда; 6 – селище; 7 – самостійна мережа водопостачання*

*Рисунок 2.3 - Схема прямоточного водопостачання підприємства*

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.

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

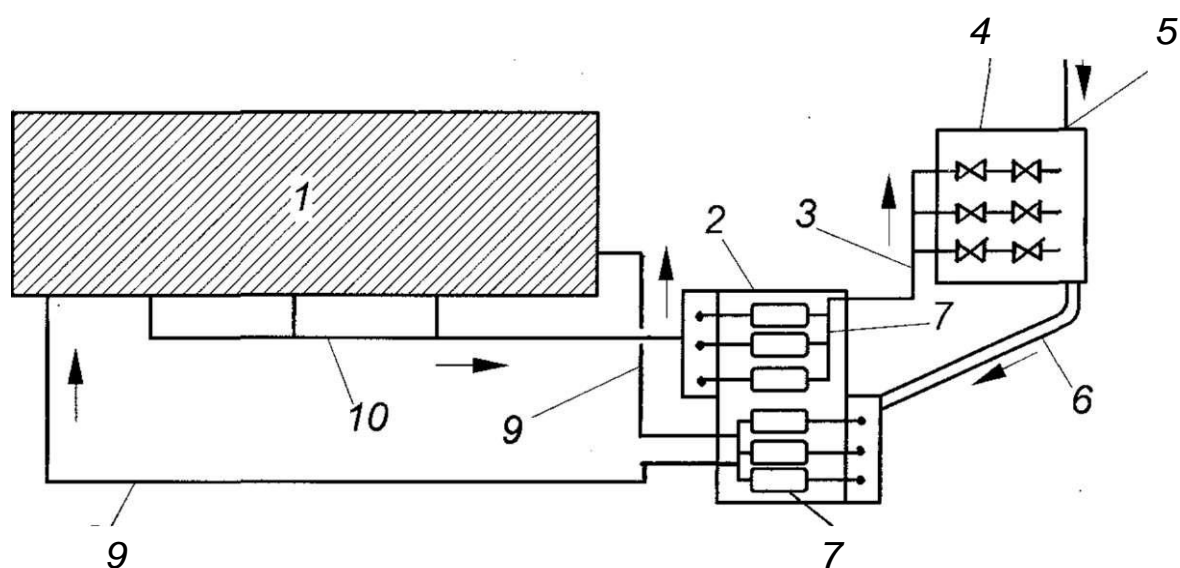
На рисунку 2.4 наведена схема оборотного водопостачання підприємства.

Нагріту воду по самопливному трубопроводу 10 подають до насосної станції 2, відкіля насосами 7 перекачують по трубопроводу 3 на спеціальні

споруди 4, призначені для охолодження води (бризкальні басейни або градирні).

Охолоджену воду по самопливному 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.

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 - водоприймач; 2 – насосна станція; 3 – трубопровід; 4 - спеціальні споруди, призначені для охолодження води (бризкальні басейни або градирні); 5 – трубопровід для подачі чистої води; 6, 10 – самопливний трубопровід; 7, 8 - насоси; 9 - напірні трубопроводи*

*Рисунок 2.4 - Схема оборотного водопостачання промислового підприємства*

### **2.3 Визначення і розрахунки витрат води на різні терміни часу**

Розрахункові витрати води (добові, погодинні, секундні) визначаються для всіх категорій споживачів, що витрачають її на різні цілі:

- господарсько-питні потреби населення включають всі види водоспоживання, що зумовлені побутом людей: приготування, їжі, особиста гігієна, прання, прибирання помешкань тощо; сюди також входять витрати води на господарсько-питні та побутові потреби в громадських і комунально-побутових установах, зокрема, закладах, що забезпечують населення продуктами харчування; таку категорію споживачів відносять до комунального сектору; окремо слід враховувати витрати води для будинків відпочинку та санаторно-туристських комплексів і таборів, які приймають за ДБН [7] або за технологічними даними;
- - витрати води на підприємствах для господарсько-питних потреб, на технологічні цілі різних виробництв, а також у душових;
  - полив зелених насаджень і територій; гасіння пожеж у населених пунктах і на підприємствах.

### 2.3.1 Добові й річні витрати води

Середні добові витрати води (за рік), м<sup>3</sup>/доб, на господарсько-питні потреби в комунальному секторі визначаються згідно з [3]

$$Q_{сер}^{доб} = \frac{q \cdot N \cdot K_m}{1000}, \quad (2.1)$$

де  $q$  – середньодобове питоме водоспоживання людиною, 30...350 л/(доб люд.) в залежності від ступеня благоустрою будинків [3];

$N$  - розрахункова кількість жителів, чол.;

$K_m$  - коефіцієнт, що враховує потреби місцевої промисловості, громадських і побутових закладів, зокрема, тих, що забезпечують населення продуктами харчування ( $K_m = 1,1..1,2$ ) [3].

Розрахункові витрати води за добу найбільшого і найменшого водоспоживання, м<sup>3</sup>/добу:

$$Q_{min}^{доб} = Q_{сер}^{доб} \cdot K_{min}^{доб}; \quad (2.2)$$

$$Q_{max}^{доб} = Q_{сер}^{доб} \cdot K_{max}^{доб}, \quad (2.3)$$

де  $K_{\max}^{\text{доб}}$  і  $K_{\min}^{\text{доб}}$  - максимальний і мінімальний коефіцієнти добової нерівномірності водоспоживання, які враховують устрій життя населення, режим роботи підприємств, ступінь благоустрою будинків, зміни водоспоживання протягом року, днів тижня:  $K_{\max}^{\text{доб}} = 1,1..1,3$ ;  $K_{\min}^{\text{доб}} = 0,7..0,9$  [3].

*Витрати води на полив, м<sup>3</sup>/доб, визначаються за формулою*

$$Q_{\text{пол}} = 10 q_n F_n m, \quad (2.4)$$

де  $q_n$  - питомі витрати на один полив, 0,3...15 л/м<sup>2</sup>, які залежать від виду поливної території, способу поливу та кліматичних умов [3];

$F_n$  - площа поливу, га;

$m$  - кількість поливів за добу,  $m = 1..2$  [3].

Якщо дані про поливні території (види й благоустрої територій, площі поливу) відсутні, то витрати води на полив визначають залежно від кількості жителів за формулою (2.1), приймаючи питома середньодобове за поливний період споживання води  $q = 50..90$  л/(доб·люд) залежно від кліматичних умов, продуктивності джерела водопостачання, ступеню благоустрою зон забудови населеного пункту та інших місцевих умов [3]. Витрати води на полив приймають, як правило, рівномірними протягом усього поливного періоду.

**Витрати води на підприємствах** включають витрати на технологічні потреби, господарсько-питні цілі та користування душами. Залежно від точності вихідних даних (режимів роботи підприємств, кількості продукції, що виготовляється за зміну, добу і протягом року, кількості працівників, зайнятих на виробництві, тепловиділень в цехах, забруднень одягу робітників, графіків відбору води з мережі тощо), об'єму та призначення розрахунків загальні витрати води на підприємстві визначають як суму технологічних, господарсько-питних та витрат в душових [5]. В більшості випадків при проектуванні міських водопровідних мереж точно визначати вихідні дані для кожного підприємства недоцільно. Цілком достатньо головних показників, які визначають величини витрат води та режими водоспоживання протягом доби, року тощо. Серед таких показників може бути кількість продукції, що виготовляється за певний період (рік, добу, зміну), графіки відбору води з мережі у власні резервуари тощо. Накопичений досвід проведення розрахунків водоспоживання на підприємствах показує, що для більшості з них вода витрачається, в основному, на

технологічні потреби. Крім того, існуючі нормативи укрупнених показників водоспоживання в промисловості дозволяють враховувати витрати води на побутові цілі (господарсько-питні та і душевих) залежно від кількості продукції, що виготовляється.

Порівняльний аналіз „точних” розрахунків з „укрупненими” показує, що похибки у визначенні добових витрат води та за зміну практично відсутні (зростають при збільшенні питомої кількості робітників, що виготовляють одиницю продукції). Розбіжності у погодинних витратах води не перевищують 3...10 % і припадають на годину приймання душів.

В цілому по населеному пункту з врахуванням витрат води всіма споживачами розбіжності у розрахунках не перевищують 1...3 %, що цілком відповідає точності вихідних даних. Тому витрати води, м<sup>3</sup>, на підприємствах слід визначати за формулою

$$Q_{np} = P q_{np}, \quad (2.5)$$

де  $P$  - кількість продукції, що випускається підприємством за визначений період (зміну, добу, рік);

$q_{np}$  - питома витрата води на одиницю продукції, м<sup>3</sup> на одиницю продукції. Залежить від виду продукції, прийнятих технологічних процесів і коливається в значних межах (від 1 до десятків тисяч [5]).

Технологічні процеси більшості виробництв передбачають використання води як питної, так і технічної якості. Тому величина  $q_{np}$  може включати:

- суму питомих витрат води технічної й питної якості для об'єданого господарсько-питного і технічного (виробничого) водопроводу;
- окремо питомі витрати води технічної та питної якості (на технологічні і побутові цілі) у випадку, коли проектують два окремих водопроводи: господарсько-питний та виробничий [5].

Мінімальні й максимальні витрати води на підприємствах визначають за формулами 2.2 і 2.3 залежно від коефіцієнтів зміни водоспоживання у літній та зимовий періоди  $K_{літ}$  та  $K_{зим}$  [4] після обчислення витрат води для кожної групи споживачів визначають загальні розрахункові максимальні, середні та мінімальні добові витрати води, що відбираються з водопроводу населеного пункту. Як правило всі обчислення та результати розрахунків наводять у таблицях (див. приклад, наведений нижче).

Річні витрати води визначають на основі середньодобових  $Q_{сер}^{доб}$ , м<sup>3</sup>/рік, за формулою

$$Q_{\text{рік}} = Q_{\text{сер.н.н}}^{\text{доб}} \cdot T_n + Q_{\text{сер}}^{\text{доб}} \cdot T_{\text{н.н.}}, \quad (2.6)$$

$Q_{\text{сер.н.н}}^{\text{доб}}$  та  $Q_{\text{сер}}^{\text{доб}}$  - середньодобові витрати води підприємством в поливний та неполивний періоди, м<sup>3</sup>/доб;

$T_n, T_{\text{н.н.}}$  - тривалість цих періодів, діб:

$$T_{\text{н.н.}} = 365 - T_n \quad (2.7)$$

### 2.3.2 Погодинні витрати води

Погодинні витрати води, м<sup>3</sup>/год, які відбираються з водопровідної мережі міста, визначають для кожної групи водоспоживачів окремо залежно від максимальних добових витрат населеного пункту. Погодинні витрати води для *господарсько-питних потреб населення* визначають окремо для кожної житлової зони за графіками-аналогами [4]. Погодинний розподіл приймають залежно від максимальних коефіцієнтів нерівномірності водоспоживання визначають для кожної зони забудови за формулою

$$K_{\text{год}}^{\text{max}} = \alpha_{\text{max}} \cdot \beta_{\text{max}}, \quad (2.8)$$

де  $\alpha_{\text{max}}$  - коефіцієнт, який враховує ступінь санітарного благоустрою будинків, режим роботи підприємств та інші місцеві умови:  $\alpha_{\text{max}} = 1, 2 \dots 1, 4$  [3];

$\beta_{\text{max}}$  - коефіцієнт, який враховує кількість жителів  $N$  в населеному пункті [3].

При витратах  $Q_{\text{доб.макс}} \geq 200$  м<sup>3</sup>/доб коефіцієнт  $K_{\text{год}}^{\text{max}}$  може визначатись згідно з [6]

$$K_{\text{год}}^{\text{max}} = a + b / \sqrt{(Q_{\text{доб.макс}})} \quad (2.9)$$

де  $a$  і  $b$  - коефіцієнти, які залежать від величин забезпеченості споживачів водою  $P_o$  і приймаються залежно від категорії систем водопостачання (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 - Значення параметрів  $a$  і  $b$  у формулі 2.8 [6]

Категорія системи водопостачання	Рівень забезпеченості $P_o$	Параметри	
		$a$	$b$
1	0,005	1,18	20,1
2	0,01	1,17	17,7
3	0,015	1,16	16,3

Погодинні витрати води *на підприємствах* визначають окремо для кожної зміни залежно від витрат води за зміну й тривалості зміни. Витрати на виробничі потреби визначають залежно від графіка технологічного процесу, наявності чи відсутності запасних і регульовальних ємностей на підприємстві тощо.

Якщо витрати води на побутові потреби визначались окремо від технологічних, то додатково розподіляють витрати на господарсько-питні потреби та на приймання душів [3]. Погодинні витрати на господарсько-питні цілі визначають залежно від типу цехів і тривалості зміни за графіками-аналогами [5]. На прийняття душів витрати розподіляють із розрахунку 45 хв. після закінчення кожної зміни [5]. В разі відсутності точних даних про режими розбору води підприємством допускається витрати води приймати однаковими для кожної години зміни [5].

Погодинні витрати води *на полив* залежать від тривалості поливання протягом доби, приймаючи, що його інтенсивність є рівномірною. При цьому необхідно звернути увагу на те, щоб не збігався час розбору води на полив з максимальними погодинними витратами на господарсько-питні і виробничі цілі.

#### 2.4 Витрати води на пожежогасіння житлових будівель і підприємств

Система водопостачання населеного пункту крім господарсько-питних та виробничих повинна забезпечувати подачу протипожежних витрат води. Розрахункова кількість одночасних пожеж (1...3) залежить від загальної кількості жителів в населеному пункті [3]. В цю кількість входять пожежі і на підприємствах, якщо вони знаходяться на території населеного пункту [5].

Розрахункову кількість одночасних пожеж на промисловому або сільськогосподарському підприємстві слід приймати в залежності від площі їх території: при площі до 150 га – одна пожежа; при більшій площі – дві пожежі [3]. Розрахункову кількість пожеж для об'єднаного водопроводу, який обслуговує підприємство й селище при ньому, визначають за [3, 6].

Місця виникнення можливих пожеж визначають, як правило, у найвищих точках місцевості, які найбільш віддалені від точок, живлення водопроводу, або в точках підключення підприємств.

Розрахункові витрати води на зовнішнє пожежогасіння для житлових зон (5...100 л/с) приймають за [3] та додатками [5] 6.1 і 6.2 залежно від кількості поверхів та об'єму житлових будинків й громадських закладів, а на підприємствах залежно від об'єму найбільшого корпусу, ступеня його вогнестійкості й категорії продукції за пожежною безпекою [3, табл. 7 і 6; 5 додатки 6.3 і 6.4].

Витрати води на внутрішнє пожежогасіння на підприємствах і громадських закладах визначають залежно від характеристик підприємств, будівельного об'єму й кількості поверхів будівель за [5, додатком 6.5].

Загальні витрати води на пожежогасіння, л/с, визначають за найбільшими сумарними значеннями протипожежних витрат води на зовнішнє та внутрішнє пожежогасіння в межах кількості одночасно можливих пожеж.

Тривалість гасіння пожеж приймають рівною 3 год, а для будівель I і II ступеня вогнестійкості з незгоряємими конструкціями й утеплювачем та з виробництвами категорій Г і Д - 2 год [3].

Повний пожежний запас води повинен зберігатись у резервуарах чистої води біля насосних станцій, які живлять водопровідну мережу (на весь період гасіння розрахункової кількості пожеж), та у водонапірній башті (до вмикання протипожежних насосів) із розрахунку гасіння протягом 10 хвилин однієї пожежі з найбільшими сумарними пожежними витратами [3].

## **2.5 Режими роботи водопровідних мереж**

Розрахунки водоводів, водопровідних мереж, насосних станцій і регулювальних ємностей, як складових систем подачі і розподілу води (СПРВ), слід виконувати в об'ємі достатньому для обґрунтування їх схем, встановлення черговості існування об'єктів, підбору насосного обладнання, визначення об'ємів ємностей та їх розташування на плані [3]. Для систем водопостачання



населених пунктів розрахунки СПРВ, як правило, проводять для таких характерних режимів:

- в добу максимального водоспоживання:
  - на максимальну, середню і мінімальну погодинну витрату;
  - пожежогасіння в годину максимального водоспоживання;
- в добу середнього водоспоживання: на середню погодинну витрату;
- в добу мінімального водоспоживання: на мінімальну погодинну

витрату.

Розрахунки для інших режимів водоспоживання, а також відмова від проведення розрахунків для одного чи кількох із вказаних режимів допускається при обґрунтуванні достатньої кількості розрахункових випадків для виявлення умов, що властиві СПРВ при всіх характерних режимах водоспоживання [3].

Суттєвим є проведення розрахунків сумісної роботи споруд СПРВ на випадки мінімального водоспоживання, коли перевіряють її роботу на можливість перевищення вільних напорів допустимих величин (60 м вод ст.) [3]. Важливо, також, перевірити роботу СПРВ в аварійних ситуаціях (виключення на ремонт окремих ділянок мережі чи водоводів), коли зниження подачі води споживачам не повинно перевищувати 30% [3].

В курсовому і дипломному проектуванні найчастіше обмежуються проведенням розрахунків на три випадки роботи водопровідної мережі:

**I розрахунковий випадок: максимальне водоспоживання** (максимальне погодинне в добу максимального водоспоживання);

**II розрахунковий випадок: пожежогасіння** (у годину максимального водоспоживання на господарсько-питні і виробничі цілі в добу максимального водоспоживання);

**III розрахунковий випадок: максимальний транзит води в башту** при максимальній подачі насосною станцією (в добу максимального водоспоживання) - виконують тільки для СПРВ із контррезервуаром.

## 2.6 Розробка мереж з врахуванням вимог безпеки під час їх експлуатації

Для транспортування води від джерел до об'єктів водопостачання служать водоводи. Їх виконують з двох або більшої кількості ниток трубопроводів, що укладаються паралельно один одному. Для подачі води безпосередньо до місць

її споживання (житловим будинкам, цехам промислових підприємств) служить водопровідна мережа.

Проектування і гідравлічний розрахунок водопровідної мережі ведуть в такій послідовності:

- 1) трасують мережу та встановлюють схему її живлення;
- 2) намічають вузлові точки та визначають величини відборів води з них при заданих умовах роботи мережі;
- 3) роблять попередній розподіл потоку води по лініях кільцевої мережі;
- 4) визначають діаметр труб розрахункових ділянок мережі та втрати напору на них;
- 5) ув'язують кільцеву мережу за втратами напору, в результаті чого встановлюють фактичні витрати й втрати напору на кожній лінії;
- 6) будують п'єзометричні лінії по ділянках мережі для розрахункових випадків її роботи;
- 7) визначають необхідну висоту водонапірної башти і підбирають насоси для живлення водопровідної мережі з необхідним виробництвом та напором.

Першочерговим завданням при проектуванні й розрахунку водоводів і водопровідних мереж є обґрунтування вибору трас ліній у плані. Трасування мереж роблять виходячи з умови забезпечення необхідної надійності їх роботи і найменшої будівельної вартості.

Розміщення ліній водоводів та мереж залежить від наступних умов:

- місця розташування джерел водопостачання, характеру планування населеного пункту або промислового підприємства, розміщення великих споживачів води, форми і розмірів житлових кварталів, цехів, зелених насаджень, розташування проїздів і т.п.;
- наявності природних або штучних перешкод для прокладки труб (річки, яри, канали, залізниці і шосейні дороги та ін.);
- рельєфу місцевості;
- наявності інших комунікацій (газопроводи, каналізаційні колектори і т. п.).

При трасуванні потрібно враховувати наступне:

- магістралі повинні розташовуватися уздовж основного напрямку руху води в місті;
- до кожного споживача вода повинна йти найкоротшим шляхом; мережа повинна як можна повніше охоплювати селитьбу; необхідно

враховувати перспективу розвитку населеного пункту; варто перетинати мінімальне число природних перешкод;

- траси водопроводів бажано прокладати поблизу автодоріг і проїздів паралельно лініям забудови, поза асфальтовими й бетонними покриттями;

- перетинання проїздів і інших комунікацій необхідно виконувати під прямим кутом;

- траси трубопроводів повинні мати мінімальне число штучних споруд і бути легко доступними для експлуатації й виробництва ремонтних робіт.

Бажано, щоб трубопроводи більших діаметрів були прокладені на височині.

Розрахунок водопровідної мережі полягає у визначенні економічно вигідних діаметрів труб всіх її ділянок і втрат напору на них.

Виконавши трасування мережі, задають режим подачі води в неї й визначають витрати води, які надходять у мережу, а також обсяги регулюючих ємкостей. Подальша методика розрахунку і проектування мережі полягає в наступному: намічають розрахункову схему відбору води з мережі; задають початковий розподіл потоків води по окремих лініях мережі й знаходять розрахункові витрати води по ділянках; керуючись тиском води, геологічними й іншими місцевими умовами вибирають матеріал труб; визначають діаметри труб, втрати напору на ділянках; здійснюють гідравлічне ув'язування мережі, підбор насосів, уточнюють прийняті спочатку витрати води, які подаються в мережу.

При виборі конфігурації мережі необхідно враховувати наступне:

1. Мережа повинна забезпечувати подачу води до всіх споживачів;
2. Обрана конфігурація мережі повинна гарантувати мінімальні витрати на її будівництво й експлуатацію;
3. Мережа повинна відповідати заданій категорії надійності подачі води.

По накресленню в плані водопровідні мережі бувають: розгалужені (або тупикові); кільцеві (рис. 2.5); змішані.

Тупикові мережі дешевше, ніж кільцеві, але вони менш надійні відносно постачання водою споживачів, оскільки не забезпечують безперебійності водопостачання. Вони можуть бути застосовані в тих випадках, коли за умовами споживання води можливі перерви в її подачі на час, необхідний для ліквідації аварії, або коли існують запаси води для постачання об'єкта на час відновлення трубопроводу. При кільцевих мережах завдяки наявності паралельно працюючих ліній аварія на будь-якій ділянці не приводить до припинення подачі води споживачам, окрім тих, що живляться безпосередньо від ушкодженої ділянки.

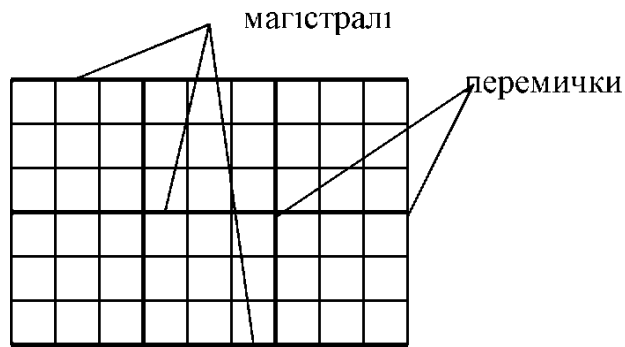


Рисунок 2.5 - Схема конфігурації кільцевої мережі

У міських і виробничих водопроводах мережі, як правило, передбачають замкненими (кільцевими). Розгалужені мережі звичайно передбачають у невеликих селищах (при діаметрі труб до 100 мм), якщо у випадку аварії можна допустити перерву у водопостачанні. При прокладанні транзитних ліній, по яких вода надходить у місто, за межами населеного місця відстань між двома водоводами повинна бути не менш 10м.

Умовно кільцеву водопровідну мережу можна розбити на магістралі й перемички. Магістралі прокладаються уздовж основного руху води населеного пункту, а перемички працюють повною мірою при аварії на магістральних лініях.

Залежно від характеру роботи лінії водопровідної мережі розділяються на магістральні й розподільні. Основне завдання магістральних ліній - транспортування води транзитом у більш вилучені райони території, що постачається водою. Від магістральних ліній йде розводяща мережа. Розподіл і віддачу води споживачам через будинкові введення й пожежні гідранти (при пожежі) покладають на розподільні лінії. Діаметри розподільних ліній, на відміну від магістральних, не розраховують, а приймають відповідно до пожежної витрати, що пропускається.

Діаметри труб зовнішньої водопровідної мережі визначають розрахунком, але повинні бути не менш 100 мм.

У водопроводах малих населених пунктів або в кінцевих ділянках міської мережі немає розходження між магістральними й розподільними лініями, тому що вони беруть участь і в транспортуванні й у віддачі води споживачам. Основні магістральні лінії з'єднують між собою перемичками, які служать для вирівнювання завантаження основних магістралей або перекидання води з однієї магістралі в інші при аварії на одній з її ділянок.

Магістральні лінії доцільно прокладати, як правило, на підвищених місцях міста, тому що це забезпечує створення необхідних напорів в розподільній мережі.

При великій різниці відміток поверхні землі улаштовують зонні системи водопостачання.

Умовно схеми водопровідних мереж поділяють на три види:

- з баштою на початку мережі,
- з баштою наприкінці мережі,
- система без башти.

### **2.6.1 Запірна та регулювальна арматура**

Підтримка необхідного режиму експлуатації й підвищення надійності водоводів і водопровідних мереж забезпечується запірно-регулюючою, запобіжною, водорозбірною, контрольно-вимірювальною арматурою.

Запірно-регулююча арматура необхідна для часткового або повного перекриття окремих ділянок трубопроводів. До неї ставляться засувки, вентилі, поворотні затвори. За допомогою засувок можна змінювати ступінь їхнього відкриття змінювати витрату води в лініях та відключати для ремонту окремі ділянки. Засувки найчастіше встановлюють у колодязях.

*До водозабірної арматури* належать водорозбірні крани, водорозбірні колонки, пожежні гідранти, крани для поливання, фонтанчики. Через водорозбірні колонки здійснюється водопостачання селищ і будинків, які не обладнані внутрішнім водопроводом. Для забору води з мережі з метою пожежогасіння застосовують гідранти.

*Запобіжна арматура* перешкоджає руйнуванню трубопроводів і сприяє збереженню постійної пропускної здатності. До неї належать зворотні клапани й запобіжні клапани, вантузи, гасителі ударів. Запобіжні клапани виключають підвищення тиску понад припустимого, зворотні клапани допускають рух води тільки в одному напрямку. Повітряні вантузи призначені для видалення повітря, що накопичується в підвищених відмітках розташування водоводів і магістральних мереж, встановлюються в колодязях.

Для виміру витрат води використовують контрольно-вимірювальну апаратуру - крильчасті і турбінні водоміри.

На водопровідній мережі встановлюється наступна арматура:

- запірна й регулювальна (вентилі, крани, засувки, затвори);
- водорозбірна (водорозбірні крани й колонки, пожежні гідранти);

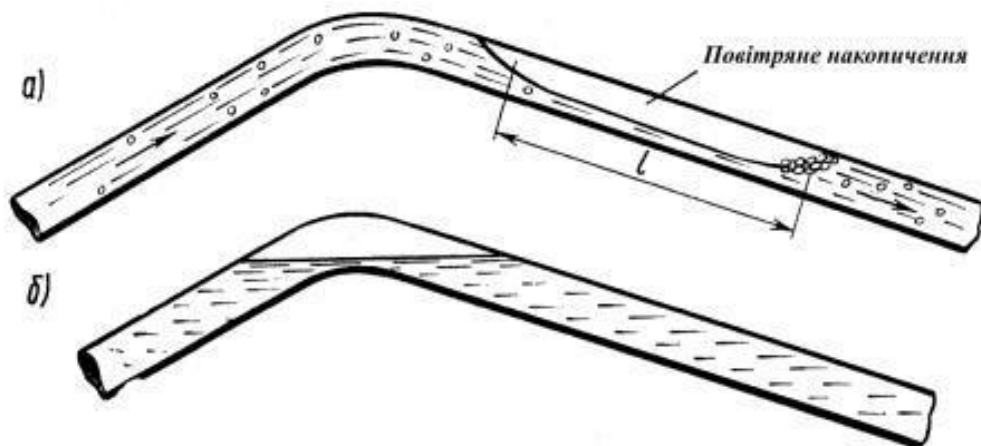
- запобіжна (запобіжні, зворотні й редуційні клапани, вантузи, випуски).

Запірні арматури застосовується для відключення розподільних ліній від магістральних і поділу мережі на ремонтні ділянки. Для запобігання гідравлічних ударів у трубопроводах на них установлюється запірні арматури із тривалими періодами закриття й відкриття. На трубопроводах з  $d > 100$  мм в основному встановлюються засувки, які залежно від призначення, робочого тиску й умовного проходу діляться на паралельні й клинові, з висувними й невисувними шпинделями, ручним або електро-, гідро-пневмоприводом. У паралельних засувок затворні ущільнюючі поверхні розташовані паралельно. У клинових затворні ущільнюючі поверхні розташовані нахилено до вертикальної осі корпусу, а безпосередньо затвор складається із суцільного або шарнірного клина.

На засувках діаметром більше 500 мм для врівноваження тиску по обидва боки затворних ущільнювачів влаштовують обвідні трубопроводи малого діаметра із засувками. Такі трубопроводи називають *байпасами*.

При великих діаметрах трубопроводів і відносно невеликих тисках замість засувок можливо встановлювати дискові поворотні затвори. Ці затвори дозволяють швидше перекривати потік води.

**Вантузи та водовипуски.** Вантузи застосовуються для випуску й впуску повітря в трубопровід при нормальній його експлуатації, а також при його спорожнюванні та наповненні водою. Вони служать для видалення повітря, що попало у водоводи через нещільність в з'єднаннях трубопроводів і устаткування на насосних станціях і на лініях, а також повітря, що виділяється з води (рис.2.6).



*а – при русі рідини; б – при нерухомій рідині*

*Рисунок 2.6 - Повітряне накопичення в трубопроводі*

Відведення повітря з водоводів необхідне тому, що повітряні пробки, що утворюються, утрудняють експлуатацію, створюючи додаткові опори, зменшують пропускну здатність трубопроводів, можуть сприяти виникненню гідравлічних ударів при миттєвому з'єднанні стовпів води, що розірвалися. Видалення повітря здійснюється як через експлуатаційні вантузи, так і через спеціально влаштовані відводи із засувками. Швидке видалення повітря має бути забезпечене під час заповнення водоводів. Для цієї мети встановлюють особливі вантузи. Під час спорожнення водоводів необхідно забезпечити впускання в них повітря, вакуум, що інакше утворюється, може призвести до сплюснення і руйнування труб. Для впускання повітря можуть використовуватись особливі пристрої (також названі вантузами, але такі, що мають дещо іншу конструкцію). Кількість повітря, що впускається, інколи буває настільки великою, що на водоводах, особливо значного поперечного перерізу, окрім впускних вантузів, доводиться передбачати відводи із засувками.

Таким чином, прилади для випуску і впуску повітря поділяються на наступні групи:

- а) вантузи експлуатаційні, через яких відбувається постійне видалення повітря, що виділяється з води;
- б) вантузи, службові для випуску повітря при заповненні водоводів;
- в) вантузи противакуумні, які забезпечують впуск повітря при спорожненні водоводів (часто називаються аераційними клапанами);
- г) відводи із засувками (повітряні крани), завданням яких є впуск і випуск повітря.

На рис.2.7 наведені схеми розташування вантузів на водоводах. Вантузи зазвичай ставлять в камерах перемикання і колодязях, що розташовуються в підвищених точках водоводів. На сталевих водоводах великого поперечного перерізу в колодязі розташовують лише власне вантуз із засувкою, а сам водовод залишається поза колодязем. Вантузи діють автоматично. Управління засувкою на відводах відбувається вручну або автоматично.

Вантуз для можливості його відключення відділяється від водовода засувкою. Вантузи на водоводах зазвичай встановлюють на патрубках вварених в трубу або приєднаних до трійників на водоводі з патрубком вверх. Діаметр патрубка  $d_0$  бажано приймати рівним  $0,5-0,7$  діаметру  $D$  основного трубопроводу.

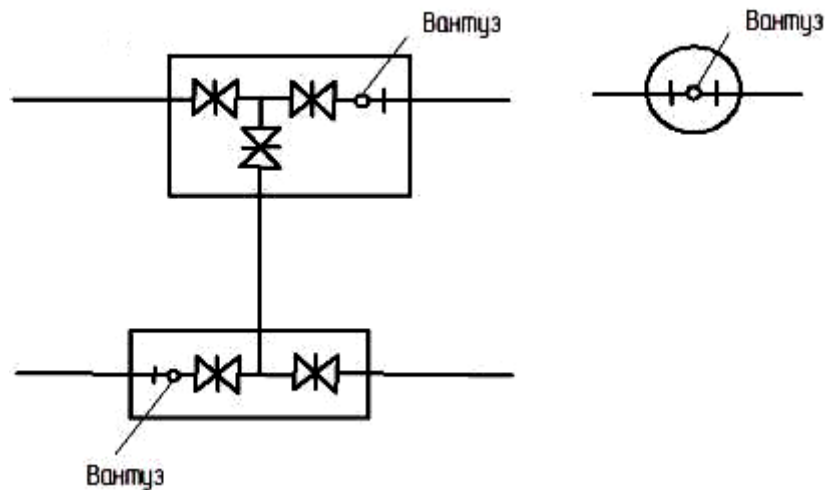


Рисунок 2.7 - Схеми встановлення вантузів

Влаштування патрубка такого перетину сприяє кращому видаленню повітря з ліній. Аераційні клапани вимагають особливої уваги при сталевих водоводах значного діаметру, оскільки вони зазвичай легко руйнуються навіть при невеликому вакуумі у момент спорожнення. Такі клапани, зокрема, мають бути встановлені на сталевих водоводах діаметром більше 400 мм в місцях можливого утворення вакууму. Приклад установки в одному колодязі групи вантузів для обслуговування водоводів представлений на рис.2.8.

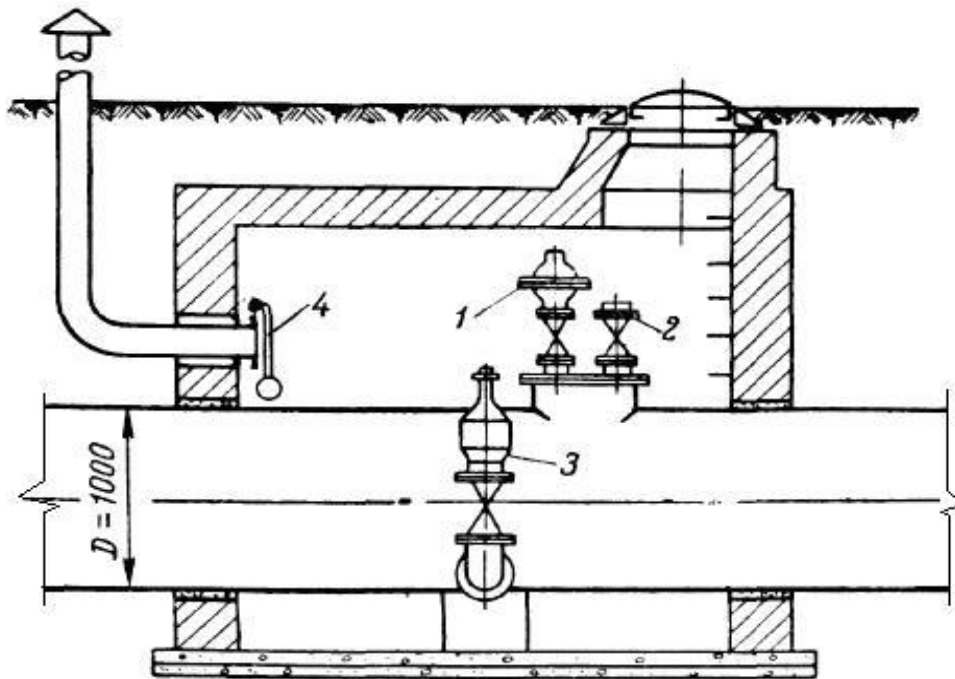
Перед початком проведення ремонтних електро- та газозварювальних робіт на металевих трубопроводах великого діаметру для уникнення травмування робітників необхідно пересвідчитись, що у в ньому відсутній тиск води і не утворився вакуум під час спорожнення.

При ремонті або промивці водоводів їх спорожнюють через випуски, що розташовуються в понижених місцях і є відгалуженнями, що перекриваються засувками.

Випуски служать для скидання води при спорожнюванні водоводів. Пристрої для спорожнення водоводів розміщують у понижених точках кожної ремонтної ділянки, а також у місцях, необхідних для промивання водоводів перед здачею в експлуатацію по закінченню будівництва або ремонту.

Діаметри випусків і пристроїв для впуску повітря повинні забезпечувати спорожнення ділянок водоводів за час не більший 2 год. Якщо випуски призначені для промивання водоводу, то вони повинні створювати в ньому швидкості на 10% більші за розрахункові.





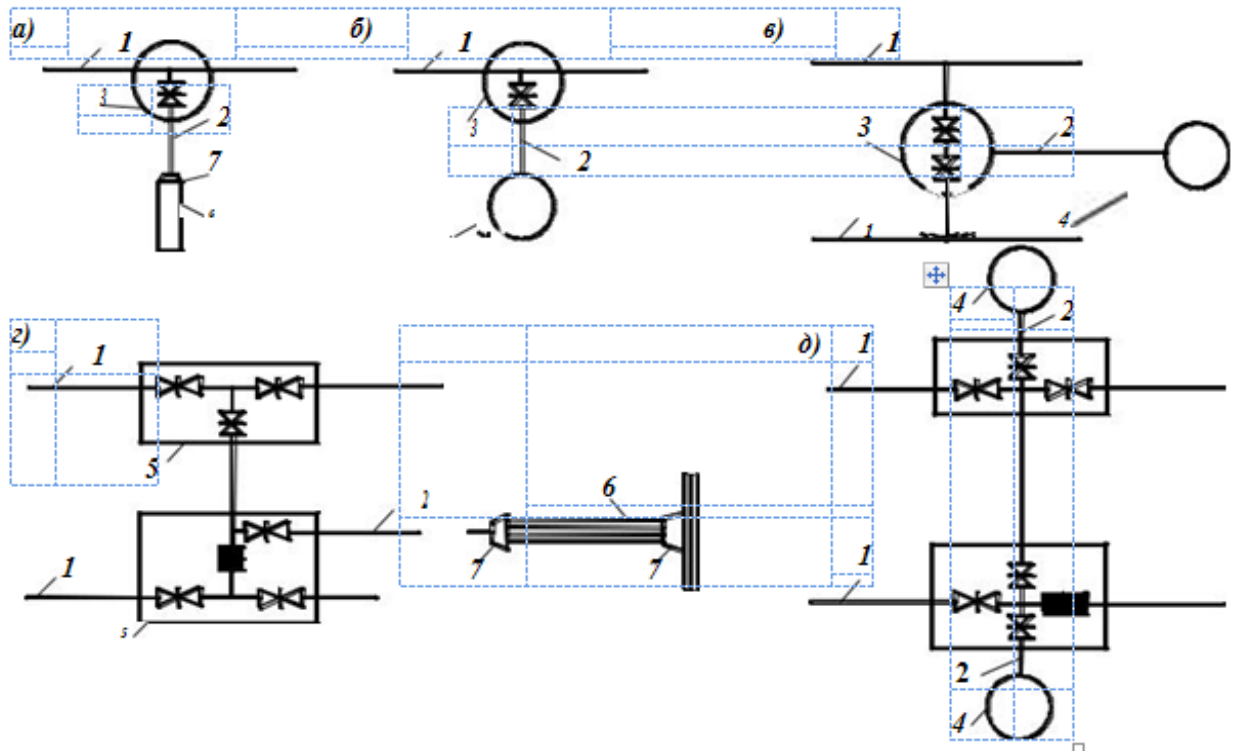
1 - експлуатаційний вантуз; 2 – відвід для випуску і впуску повітря;  
3 – аераційний клапан; 4 – клапан для впуску повітря колодязь

Рисунок 2.8 - Групова установка вантузів

При гідропневматичному промиванні швидкість течії буває навіть на 20% більше максимальної швидкості при експлуатації водовода, що необхідно враховувати при розрахунку випусків. Воду після промивання необхідно відводити у водостік, канаву, яр тощо, а також у колодязі з наступною відкачкою.

Найбільш простий випадок зображений на рис.2.9,а, де випуск одиночного водовода передбачений із пониженої його точки, що не проходить в місці розташування камери перемикання. На трубі випуску встановлений колодязь, в якому розміщена засувка; труба закінчується в канаві, що відводить воду.

При влаштуванні випуску, особливо на сталевих водоводах, можна розташовувати в колодязі лише засувку випуску, залишаючи сам водовід за межами колодязя. Випадок, коли рельєф місцевості не дозволяє випускати воду водовода самопливом, зображений на рис.2.9,б, де наведена установка мокрог колодязя, що збирає воду. Подібна ж схема для двох паралельних ниток водовода дається на рис.2.9в.



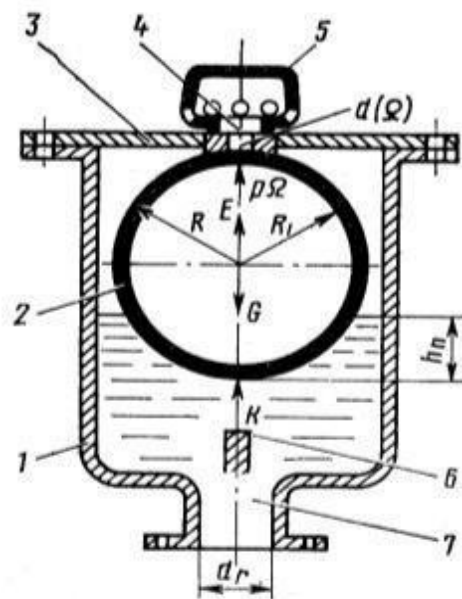
1 – водовід; 2 – труба випуску; 3 – колодязь випуску; 4 – мокрий колодязь;  
5 – камера переключень; 6 – канава; 7 - оголовки

Рисунок 2.9 - Схеми влаштування випусків

При розташуванні поблизу річки камер перемикання водовода з двох ниток випуск робиться за схемою рис.2.9,г, де комунікація засувок камер переключення дозволяє використовувати один і той же випуск для спорожнення чотирьох ділянок труб, що відносяться до обох ниток водовода. Частина випуску, яка примикає безпосередньо до камер і проходить на значній глибині, виконується у вигляді закритої труби, а остання його частина зазвичай є відкритою канавою. У місцях входу труби в канаву і канави в річку влаштовують оголовки простої конструкції. На рис рис.2.9,д наведена схема пристрою випусків з двох камер перемикання в два мокрі колодязі. Проте по можливості слід обмежуватися одним загальним мокрим колодязем.

Випуск води з ділянок розподільної мережі може виконуватись через арматуру колодязів, що знаходяться в пониженнях місцях. Вода при цьому відводиться самопливом, відкачується з мокрих колодязів, а інколи і безпосередньо з мережеских колодязів. Довжина труби випуску визначається місцевими умовами і складає зазвичай від 3 до 30 м.

Призначаючи пункти розташування вантузів і випусків, треба враховувати всі місцеві умови: рельєф місцевості, поперечні перерізи трубопроводів, міру насиченості води повітрям, тиск в різних ділянках водоводів і мережі, допустиму тривалість спорожнення, наявність зручних пунктів скидання води, найбільш доцільну довжину ремонтних ділянок і ін. Для випуску повітря в малих кількостях при нормальній експлуатації водовода застосовуються експлуатаційні вантузи (рис. 2.10). При накопиченні повітря у верхній частині корпусу 1 порожниста куля 2 занурюється у воду на величину  $h_n$ , відкриває отвір 4 і повітря виходить у атмосферу. Потім куля знову піднімається і закриває отвір.



1 – корпус; 2 – порожниста куля; 3 – кришка; 4 – повітрявипускний отвір; 5 – захисний ковпачок; 6 – упор для поплавка; 7 – патрубок

Рисунок 2.10 - Схема експлуатаційного вантуза

Тому разом із звичайними експлуатаційними вантузами застосовуються спеціальні повітряні та противакуумні клапани або комбіновані вантузи. В комбінованому вантузі отвір може бути будь-якого розміру. Розрахунок повітряних отворів вантузів тісно пов'язаний з розрахунком випусків для води. Основи розрахунків водовипусків розроблені проф. А.А. Суріним. Випуски для води розташовуються на всіх характерних понижених точках ремонтної ділянки, а також в місцях прийнятих для випуску води при промивці водоводу.

## **2.6.2 Захисна система трубопроводів від гідравлічного удару**

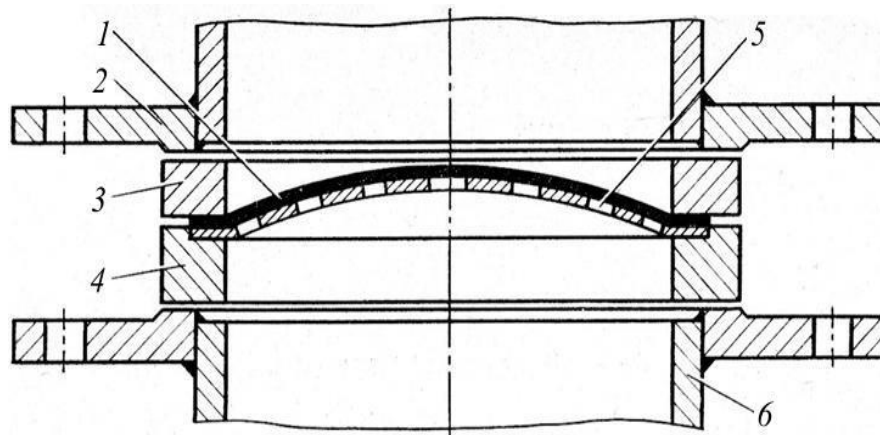
Запобіжні клапани використовуються для запобігання підвищення тиску в трубопроводах вище розрахункового, наприклад при гідравлічних ударах. Зворотні клапани встановлюються на трубопроводах з метою створення руху потоків рідини в одному напрямку. В тих випадках, коли в трубопроводах за розрахунком можливі значні гідравлічні удари, які можуть викликати небезпечні аварії (затоплення насосних станцій, розмив основ під фундаментами при розриві труб, недопустимо тривалу перерву в подачі води та інші), необхідно разом з звичайними протиударними засобами в найбільш небезпечних місцях, наприклад в насосній станції, передбачити аварійний захист від недопустимо високого тиску. В якості аварійних засобів в першу чергу рекомендується встановлювати запобіжні розривні мембрани – металеві диски, які встановлюються між двома фланцями на відвідному трубопроводі. При підвищенні тиску понад розрахункове диск розривається, частина рідини скидається із трубопроводу і гідравлічний удар затихає. Після цього засувка на відвідному трубопроводі закривається, встановлюється нова мембрана і засувка знову відкривається. На автоматизованих насосних станціях засувка повинна бути з гідроприводом або кільцева, яка сама закривається. Рекомендується застосовувати попередньо випуклі мембрани. Якщо в трубопроводі при гідравлічному ударі можливе утворення вакууму, тоді під мембраною встановлюється противакуумна місцева опора з отворами, яка за формою точно відповідає мембрані (рис.2.11).

Для того, щоб збільшити строк експлуатації мембран (вони служать під навантаженням до 0,5...1 року), необхідно витримати певне співвідношення руйнівного тиску до робочого. Діаметр мембрани і відвідного трубопроводу  $D_m$  визначається за витратами води, яку необхідно забезпечити на скидані для гасіння гідравлічного удару.

## **2.7 Заходи безпеки при знезараженні та амонізації води**

### **2.7.1 Правила техніки безпеки при експлуатації хлораторних**

Найпоширенішим способом знезараження води на багатьох комунальних водопроводах є хлорування. Реагент-хлор, що використовується для знезараження природних та стічних вод є речовиною другого класу небезпеки.



*1 – розривна мембрана; 2 – фланці; 3 – верхнє притискне кільце;  
4 – нижнє притискне кільце; 5 – жорстка противакуумна опора з  
отворами; 6 – відвідний трубопровід*

*Рисунок 2.11 - Установка мембрани з жорсткою противакуумною  
опорою*

Хлор - отрутний газ. Він може перебувати в трьох агрегатних станах: газоподібному, рідкому й твердому. При кімнатній температурі й нормальному атмосферному тиску хлор являє собою газ зеленувато-жовтого кольору з різким неприємним запахом. Хлор активно вступає в реакцію з усіма живими організмами, руйнуючи їх.

Рідкий хлор - рухлива масляниста рідина темно-зеленувато-жовтого кольору з питомою вагою при 15°C 1,427 г/см<sup>3</sup>. Із газоподібного стану в рідкий хлор можна перетворити двома способами: при нормальному атмосферному тиску шляхом його охолодження до температури 3- 4°C або при кімнатній температурі шляхом підвищення тиску компресором до 0,7 – 0,8 МПа.

Хлор у 2,5 рази важчий за повітря, має різкий, задушливий запах, який при концентрації навіть 0,001 мг/л цілком відчутний. Наявність у повітрі 0,3 мг/л хлору діє на людський організм смертельно. Навіть при меншій концентрації хлору в повітрі перебування людини в такому середовищі викликає важку задуху, сильний головний біль, блювоту, а при тривалому перебуванні - іноді й смерть. Така сильна дія хлору на організм людини пояснюється враженням дихальних шляхів і слизової оболонки очей. При наявності вологи хлор викликає корозію металів, виключення становить свинець. Рідкий хлор погано розчиняється у воді, внаслідок чого на водопроводах хлорування води виконується тільки газоподібним хлором. Хлор

зберігають у стандартних сталевих балонах. Допустиме наповнення балона хлором становить не більше 1,25 кг на 1л ємності. Крім балонів, на великих водопроводах використовуються великі ємності у вигляді сталевих бочок об'ємом 500л і 1000л, а також цистерни.

Хлор, який застосовують для знезараження питної води при знезаражуванні, надає їй неприємного смаку. При наявності у воді залишків фенолу вода має специфічний «аптечний запах». Для усунення таких запахів у питній воді на міських водопроводах застосовують амонізацію шляхом дозування газоподібного аміаку або розчину амонійних солей, наприклад, сульфату амонію. Для усунення хлорфенольних запахів аміак повинен подаватись у воду до її хлорування. Аміак - це отрутний безбарвний газ, що майже вдвічі легший за повітря та має різкий неприємний запах. Гранично допустима концентрація аміаку в повітрі виробничих приміщень не повинна перевищувати 0,03 мг/л. Більш висока концентрація аміаку небезпечна для здоров'я людини, і тому працювати в такому середовищі без протигаза забороняється.

Улаштування та експлуатація об'єктів хлорного господарства повинні відповідати вимогам «Правил безпеки під час виробництва, зберігання, транспортування та використання хлору» (ПБХ-93), затверджених Держпромгірнаглядом України наказом № 105 від 29 10 93 р.

До роботи на складах рідкого хлору та хлораторних установках допускаються особи, які досягли віку 18 років, пройшли спеціальне навчання і перевірку знань з охорони праці згідно вимог «Типового положення про порядок навчання і перевірки знань працівників з питань охорони праці».

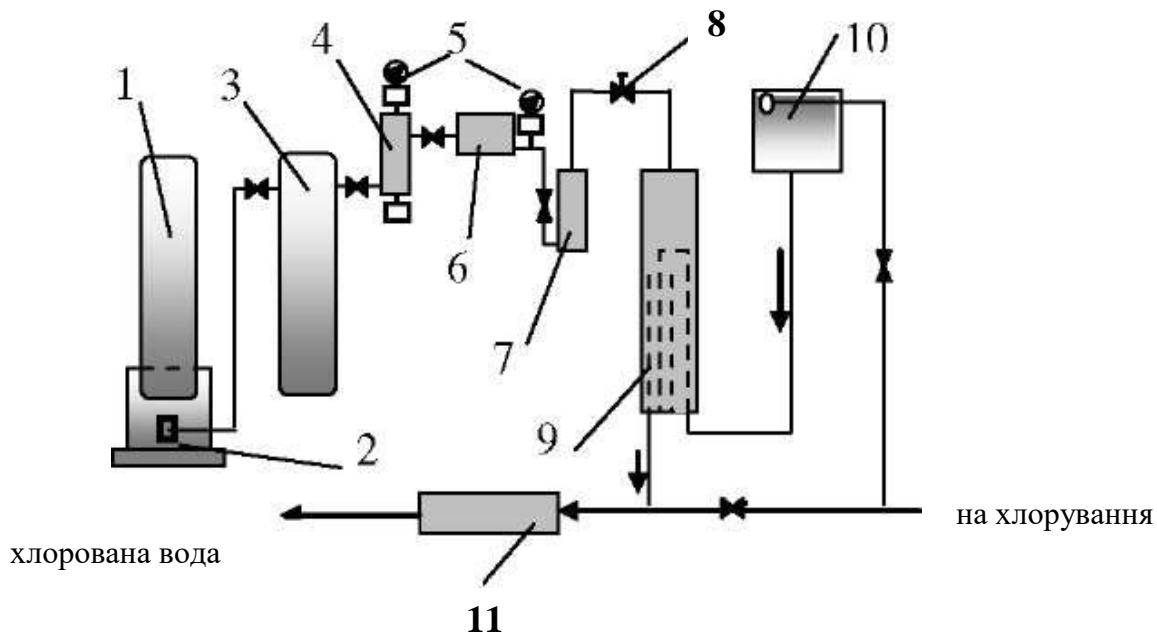
Хлорування повинне здійснюватись з балонів або контейнерів, встановлених, як правило, на вагах (рис.2.12). При хлораторній в окремому приміщенні дозволяється зберігати тільки 15-ти добовий запас хлору. Хлорування питних і стічних вод при добовій витраті хлору до 50 кг варто здійснювати тільки з балонів.

Необхідна кількість балонів або контейнерів в установці визначається розрахунком витрат хлору без підігріву: а) для балонів 0,5 - 0,7 кг/год.; б) для контейнерів 15 кг/год.

Питання охорони праці й безпеки при роботі з отруйними газами (хлором і аміаком) мають особливе значення. По всіх цих питаннях повинні бути вивішені у виробничих приміщеннях чіткі інструкції.

Хлораторні повинні влаштовуватись з урахуванням вимог СНІП, правил влаштування систем електроосвітлення, подачі води, водовідведення, центрального опалення, що забезпечує температуру повітря у приміщенні не

менше +16°C, припливно-витяжної вентиляції з шестикратним обміном повітря.



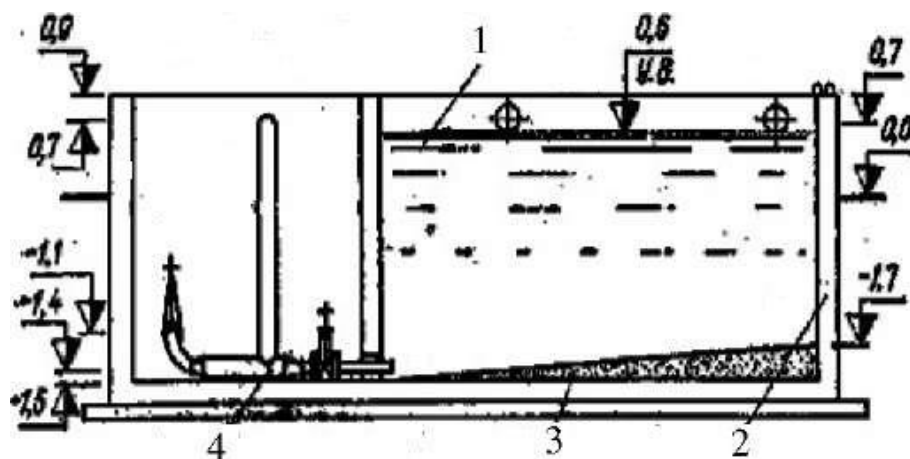
1, 3 - витратний і проміжний балон з хлором; 2 - контрольні ваги;  
4 - фільтр; 5 - манометри; 6 - редуктор; 7 - ротаметр; 8 - регулюючий  
вентиль; 9 - змішувач; 10 - регулюючий бак; 11 - ежектор

Рисунок 2.12 - Вакуумний хлоратор

Устаткування для забору повітря із хлораторного приміщення необхідно розміщувати безпосередньо біля підлоги. Випуск вентиляючого повітря повинен здійснюватись через трубу, розміщену на 2 м вище покрівлі найвищої будівлі, що знаходиться у радіусі 15м. Витяжка в хлораторному приміщенні влаштовується поблизу підлоги, а в амонізаційному - поблизу стелі. Перед входом у такі приміщення повинна бути шафа для зберігання протигазів і рубильник або кнопковий пускач для включення вентилятора.

Відбір газоподібного хлору з балона повинен здійснюватися у вертикальному або нахиленому положеннях балону, при яких вентиль знаходиться у верхньому положенні (кут нахилу не більше 15°). Відбір рідкого хлору повинен здійснюватися у нахиленому положенні балона вентилем униз. Після закінчення відбору хлору з посудини (контейнера або балона) вентилі посудини необхідно закрити і перевірити на герметичність після чого встановити на них заглушки і захисні ковпаки.

У випадку витіку хлору із балонів на відстані не більше 10 м від входу в хлораторне приміщення повинен бути влаштований утеплений аварійний колодязь на глибину 2 - 3 м з водонепроникними стінками й дном, який закривається щільними дерев'яними кришками для занурення в нього несправних балонів із хлором (рис. 2.13). У такий колодязь повинна бути підведена вода для заповнення його вапняним молоком.



*1 - дегазаційний розчин; 2 - стінки камери; 3 - бетонна подушка;  
4 - трубопровід для відведення розчину*

*Рисунок 2.13 - Дегазаційна ємність*

У хлораторному приміщенні необхідно мати спеціальний аварійний балон для перепуску в нього хлору із несправного балона. У ньому необхідно передбачити аварійне освітлення від акумуляторної батареї, напругою не вище 36 В.

При експлуатації хлорного господарства необхідно керуватись «Правилами влаштування і безпечної експлуатації посудин, працюючих під тиском», ПБХ-93 і «Правилами техніки безпеки при експлуатації систем водопровідно-каналізаційного господарства». На кожному хлорному об'єкті необхідно мати:

- декларацію про безпеку (розробляється для підприємств), на яких передбачено зберігання хлору в посудині місткістю понад 25т;
- проектну документацію, що відповідає вимогам діючої нормативної документації та затверджену в установленому порядку;
- паспорти на основні види технологічного обладнання;



- робочі інструкції, складені згідно технологічного регламенту та ПБХ-93; а також іншу обов'язкову нормативно-технічну документацію з безпечного ведення робіт;

- журнал обліку витрат та надходження хлору;
- журнал перевірок технічного стану хлорного господарства;
- графік планово - попереджувального ремонту;
- журнал проведення тренувальних занять персоналу в аварійних ситуаціях.

На кожному підприємстві систем водопостачання і каналізації, які використовують і зберігають рідкий хлор, необхідно призначити посадових осіб та працівників, відповідальних за експлуатацією хлорного господарства, прийому цистерн, контейнерів і балонів з рідким хлором та зобов'язати головного інженера підприємства щомісяця, а при наявності базисного складу щодавно контролювати технічний стан і стан охорони праці у хлорному господарстві. Інструкції з охорони праці для обслуговування персоналу хлорних об'єктів складаються відповідно до «Типового положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці» з урахуванням вказівок щодо усунення можливих аварій з виділенням хлору, а також поведінки обслуговуючого персоналу у таких ситуаціях.

На цистернах, контейнерах і балонах повинні бути викарбувані виразно видимі паспортні дані, які відповідають вимогам «Правил улаштування і безпечної експлуатації посудин, що працюють під тиском». Місце таврування, де викарбувані паспортні дані посудини, повинно бути захищене для виразного читання даних, покрите безколірним лаком і обведене білою фарбою у вигляді рамки. Контейнери і балони з хлором підлягають періодичному огляду у терміни, встановлені «Правилами улаштування та безпечної експлуатації посудин, працюючих під тиском».

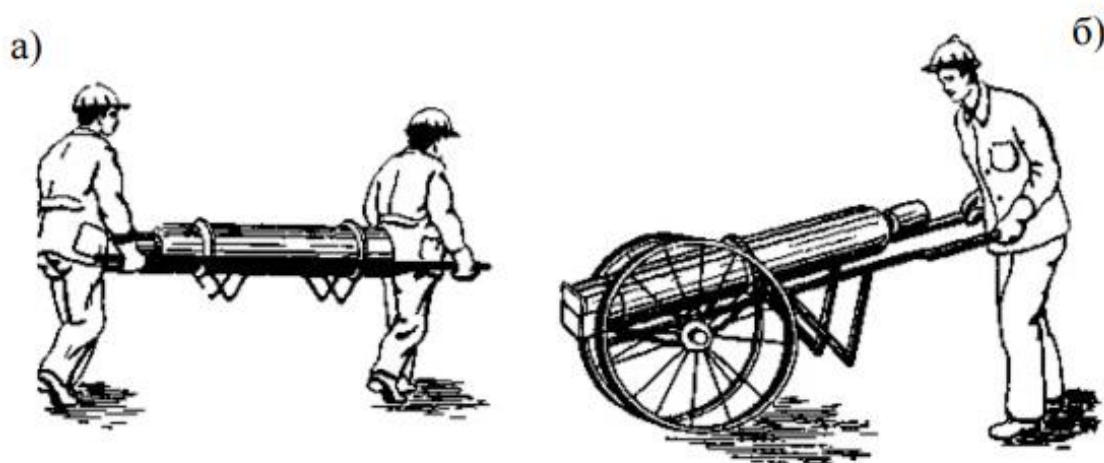
Забороняється наповнювати рідким хлором цистерни, контейнери і балони, які призначені для інших продуктів, а також у випадках, якщо закінчився термін технічного огляду. В іншому випадку він повинен бути продовжений протягом 15 діб з моменту надходження цистерни, контейнера або балону до споживача, якщо закінчився термін ревізії запобіжного клапану і мембрани для цистерн, існують механічні пошкодження та дефекти тари (тріщини, деформації, зміни форми, корозія), а також відсутнє належне фарбування і написи, існує залишок іншого продукту, несправна запірна арматура.

Перед тим, як увійти до складу хлору, а також хлораторної, черговий персонал повинен переконатись у справній роботі вентиляції та відсутності

загазованості в приміщеннях. Заходити у ці приміщення можна тільки при наявності у персоналу протигазу з коробкою марки «В» або «БКФ» (колір коробки марки «В» - жовтий, колір коробки марки «БКФ» - зелений). Загазованість приміщень визначають автоматичними системами виявлення загазованості. У разі перевищення гранично допустимої концентрації хлору повинні автоматично включатись світлова і звукова сигналізація, аварійна вентиляція, зблокована з системою подання нейтралізуючого розчину на зрошення санітарної колони. Місця витoku хлору визначають за допомогою водного розчину аміаку (нашатирного спирту), який при наявності хлору «димить».

Під час транспортування контейнерів і балонів у приміщеннях хлорного господарства повинні використовуватись вантажопідйомні механізми, спеціальні візки та ноші з прокладками, що мають вирізи (рис. 2.14). Не дозволяється переносити балони в руках, а також перекичувати контейнери та балони.

Перед подачею хлору із контейнерів і балонів у систему дозування необхідно перевірити підготовку устаткування для прийому рідкого і газоподібного хлору, переконавшись, що всі робітники попереджені про подачу хлору. Хлорний вентиль на лінії подачі хлору у випарник необхідно відкривати поступово, утворюючи надлишковий тиск у хлоропроводі не більше 0,4 МПа.



*а - транспортування на ношах; б - транспортування на візках*

*Рисунок 2.14 - Транспортування балонів з хлором*

Наявність хлору у балонах та контейнерах після їх використання визначають зважуванням. На спорожнені балони та контейнери перед відправкою їх до підприємств - наповнювачів хлору необхідно підготувати супроводжуючі документи. Дефектні контейнери та балони необхідно ізолювати від справних, помістивши їх у окреме приміщення і відправити на підприємство - виготовлювач з дефектною відомістю.

Роботи, пов'язані із заміною контейнерів і балонів з хлором, зняття ковпаків, маховиків кранів, трубок, від використаних контейнерів і балонів, підключенню нових ємностей з хлором та в інших випадках, де можливий витік газу проводиться тільки у протигазах.

Під час виявлення аварій на хлорних об'єктах та витіку хлору необхідно оповістити всіх оточуючих звуковими сигналами і діяти згідно інструкцій щодо дій працівників в аварійних. У складах та приміщеннях, де ведеться робота з рідким хлором, повинні бути телефонний або гучномовний зв'язок. Незначні витіки хлору із контейнера або балона можна ліквідувати установкою хомутів, заливкою місця витіку водою. Якщо витік газу продовжується, пошкоджений балон або контейнер необхідно помістити у камеру - футляр, а контейнер встановити у таке положення, щоб виділявся газоподібний хлор, а не рідкий, тому що вагова витрата рідкого хлору через отвір рівного перетину у 10 - 15 разів більше, ніж газоподібного. У цьому разі робоча вентиляція, що видаляє повітря без очищення, вимикається і вмикається аварійна, яка працює через скрубєрну установку.

При видаленні несправного балона із хлором із хлораторного приміщення при витіках хлору навіть у найменшій кількості, при аваріях балонів або контейнерів із хлором, а також хлораторної установки, черговий оператор повинен працювати тільки в протигазі, у гумових рукавицях і гумових чоботах. Необхідно мати на увазі, що при великій концентрації хлору в повітрі (більше 1%) запах хлору явно відчувається навіть через протигаз. У цьому випадку оператор зобов'язаний замінити протигаз марки «В» ізолюючим протигазом або кисневою маскою і вжити необхідних заходів щодо усунення витіку.

Оператори хлораторних повинні суворо стежити за тим, щоб балони або контейнери із хлором або аміаком не нагрівалися сонячними променями, не встановлювалися біля нагрівальних приладів. Не можна допускати падіння заповнених газом балонів або ударів по них.

При виявленні витіку хлору з балона або контейнера місце витіку поливають водою, у результаті чого утворюється зледеніння, що припиняє витік. Якщо неможливо припинити витік хлору, балон або контейнер вивозять із хлораторного приміщення в дегазаційну камеру.

Роботи з ущільнення сальника на вентилі балона або перевірка проходження хлору (або аміаку) через вентиль балона проводяться тільки на відкритому повітрі, причому на вентиль надягається гумовий шланг, а інший його кінець занурюється у бак з водою.

Оператори хлораторних ніколи під час роботи не повинні користуватися відкритим вогнем для підігріву замерзлих хлоропроводів. Для цього необхідно користуватися тільки ганчірками, змоченими гарячою водою. Для роботи з балонами й хлоропроводами, що перебувають під тиском газу, забороняється використовувати ударні інструменти (молоток, зубило та ін.). У разі необхідності варто обмежитися лише гайковими або шведськими ключами, пилкою й іншим неударним інструментом.

Для попередження виникнення пожежі в хлораторних і амонізаційних приміщеннях палити в них категорично забороняється.

Оператори хлораторних при виконанні робіт в амонізаційному приміщенні повинні завжди мати при собі протигаз марки "К".

### **2.7.2 Зберігання хлору на складах**

Залежно від призначення склади рідкого хлору поділяються на:

- видаткові склади рідкого хлору в резервуарах (танках) на підприємствах - споживачах, які одержують рідкий хлор в цистернах;
- видаткові склади рідкого хлору, які призначені для його зберігання в контейнерах, балонах у кількостях, необхідних для поточних потреб підприємства в період між поставками;
- базисні склади хлору в резервуарах (танках), призначених для приймання рідкого хлору, що поступають в цистернах, з наступним його розливом у контейнери або балони і забезпечення тарним хлором видаткових складів споживачів;
- склади рідкого хлору в тарі, які призначені для створення оперативних запасів рідкого хлору в контейнерах і балонах та забезпечення тарним хлором видаткових складів споживачів певного регіону.

Головним призначенням базисних та кущових складів в умовах діючої системи поставок вагонами рідкого хлору є: обмеження запасів рідкого хлору у окремих споживачів; оперативне забезпечення потреб у контейнерах і балонах з хлором конкретних споживачів; прискорення та упорядковане повернення тари.

Кількість рідкого хлору, що водночас зберігається на території підприємства, повинна бути мінімальною і передбачається проектом. Необхідна

кількість рідкого хлору на підприємстві не повинна перевищувати 15 добової потреби на період найбільшого споживання. Для діючих видаткових складів хлору, що отримують хлор вагонними нормами за погодженням з органами Держгірпромнагляду допускається збільшення запасів хлору до величини, кратної місткості залізничного вагона (напіввагона).

Склади рідкого хлору необхідно розміщувати у найбільш низьких місцях по відношенню до інших будівель, споруд, переважно з підвітряної сторони по відношенню до місця розташування найближчого населеного пункту. Санітарно-захисна смуга для базисних складів приймається не менше 1000м. Зменшення цієї відстані необхідно погодити з органами санітарного нагляду. В усіх випадках санітарні розриви передбачаються згідно вимог СНП. Якщо санітарно-захисна смуга складу хлору на діючих хлорних господарствах відсутня, то необхідно забезпечити будівництво нового видаткового складу. Категорично забороняється розміщувати видаткові склади хлору у підвалах житлових будинків, громадських, виробничих та допоміжних споруд, а також зберігати ємності з хлором на відкритих майданчиках.

Відстані до об'єктів житлового, цивільного та побутового призначення від складів рідкого хлору повинні бути не менше:

- при зберіганні в резервуарах (танках) - 1000 м;
- при зберіганні в контейнерах - 500 м;
- при зберіганні в балонах -150 м.

Рішення про будівництво складів на менших відстанях може бути прийняте тільки за погодженням з Держгірпромнаглядом після відповідного обґрунтування і одержання відповідного висновку спеціалізованої установи.

Склади хлору повинні будуватись із вогнетривких і теплоізолюючих матеріалів. Приміщення для зберігання і розливу хлору забезпечуються газоаналізаторами, засобами для визначення наявності хлору у повітрі (індикаторний папір та нашатирний спирт). Не дозволяється сумісне зберігання речовин у одному складському приміщенні, які можуть взаємодіяти одне з одним, наприклад, хлору та аміаку. Зберігати такі речовини дозволяється тільки у зовсім ізольованих відсіках (секціях) однієї складської будівлі, яка має самостійний вхід з протилежної сторони у разі необхідності евакуації персоналу та провітрювання. Забороняється використовувати цистерни на залізницях у якості посудин для зберігання хлору.

Облаштування стін, стель та внутрішніх конструкцій приміщень складів для зберігання і розливу хлору та аміаку виконується таким чином, що вони захищають конструкції від хімічної дії цих реагентів, не накопичують на своїй поверхні пилу, дозволяють легку очистку та можливість миття посудин.

Підлоги приміщень складів для зберігання хлору повинні мати рівну, гладку, поверхню, яка легко миється, а також необхідний ухил для витoku і відведення води. Вона повинна бути стійкою до дії хлору. Хлорні об'єкти забезпечуються телефонним зв'язком з керівником об'єкта та диспетчером.

На території складу рідкого хлору передбачається мережа пожежного водопроводу з розміщенням гідрантів по периметру. Гідранти розміщують на відстані 5 - 30 м від складу. У разі аварії вони повинні забезпечувати водяну завісу за допомогою стаціонарних та переносних розпилювачів та пожежних машин для локалізації розповсюдження хлору з будь-якої сторони об'єкта. До складу рідкого хлору повинен бути забезпечений вільний під'їзд пожежних автомобілів і автомобілів газорятувальної служби.

Склади хлору, що проектуються, повинні мати суцільну глуху огорожу висотою не менше 2 м для обмеження розповсюдження газової хвилі в початковий період можливої аварійної ситуації і виключення вільного доступу сторонніх осіб на територію складу. Для діючих складів необхідність і можливість такої огорожі визначається проектною організацією за погодженням з органами Держпромгірнагляду. Склади хлору в танках повинні охоронятися воєнізованою охороною або розташовуватися на території, що охороняється, а також мати охоронну сигналізацію.

Посудини із хлором потрібно розміщувати згідно вимог при горизонтальній укладці - посудини з хлором ставлять в один ряд біля стін та у два ряди - в проходах. Висота штабелю не повинна перевищувати 5 ярусів для балонів і 1 ярусу для контейнерів. Допускається розміщення балонів на стелажах, при цьому верхній ряд балонів повинен бути не вище 1,5 м від рівня підлоги, при вертикальній укладці біля стін повинно розміщуватися не більше двох рядів балонів і один ряд контейнерів. Розміщення посудин на складі хлору повинно виключати можливість їх падіння або переміщення і забезпечувати вільний доступ до запірних вентилів (вентилі при горизонтальній укладці повинні розташовуватися в бік проходу), ширина проходів між посудинами з хлором повинна забезпечувати можливість евакуації зі складу будь-якого контейнеру або балону плюс 1 м. Крім поздовжніх, повинні передбачатися поперечні проходи не більш, як через 5 м по довжині ряду для балонів і через 10 м для контейнерів.

На складах хлору допускається розміщення побутових приміщень згідно з діючими санітарними нормами промислових підприємств. Побутові приміщення повинні бути ізольовані від приміщень, пов'язаних із зберіганням розливом, застосуванням рідкого хлору, і мати самостійний вихід. Ці

приміщення повинні бути обладнані опаленням, системами водопостачання і каналізації, освітленням.

Склади хлору повинні облаштовуватись технічними засобами для локалізації аварійних викидів. Викиди від аварійної вентиляції направляються на скрубєрну установку, яка зрошується розчином дегазуючого реагенту.

### **2.7.3 Правила безпеки під час перевезення балонів і контейнерів з хлором**

Під час перевезення рідкого хлору необхідно керуватись «Правилами безпеки при зберіганні, транспортуванні та використанні хлору» (ПБХ-93) та вимогами чинних нормативних документів на перевезення небезпечних вантажів на відповідному виді транспорту. Перевезення будь-якої кількості рідкого хлору у балонах або контейнерах прирівнюється до перевезення небезпечного вантажу. Сумісні перевезення горючих речовин з хлором забороняється (забороняється перевозити автомобільним транспортом рідкий хлор разом з іншим вантажем).

Перевезення хлору здійснюється у супроводі особи, яка відповідає за перевезення небезпечного вантажу і повинна знати властивості хлору, умови його перевезень автомобільним транспортом і способи локалізації аварійних ситуацій. Працівник, що супроводжує транспорт із хлором, повинен бути в спецодязі із захисними засобами і мати аварійний інструмент (розвідні, гайкові ключі, молоток, зубила, тощо).

Під час перевезення балони та контейнери з рідким хлором розміщують горизонтально. Вентилі ємностей з хлором, які перевозять, розміщують з однієї сторони. Кріплення контейнерів та балонів повинне виключати їх переміщення у дорозі. Балони і контейнери наповнені рідким хлором, під час транспортування необхідно захищати від сонячного проміння тканиною, яка має бути водонепроникною та вогнетривкою, добре натягнутою і перекривати борт кузова не менше, ніж на 200 мм. Навантаження й розвантаження заповнених хлором контейнерів необхідно виконувати механізованим способом.

Маршрут та час перевезення узгоджується з ДАІ МВС України, яка установлює максимально допустиму швидкість руху автотранспортного засобу під час перевезення рідкого хлору.

#### **2.7.4 Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях, надання першої допомоги у разі отруєння хлором**

У разі незначного витоку хлору під час розгерметизації обладнання, трубопроводів, балона або контейнера (повільне виділення газу або поява запаху) необхідно вжити заходів щодо знаходження й ліквідації витоку.

У разі аварійної ситуації необхідно діяти відповідно плану ліквідації аварійних ситуацій. Приймання та передача зміни у години ліквідації аварії забороняється. У цьому випадку приймання і передача зміни проводиться тільки по розпорядженню керівника цеху або керівника підприємства водопровідно-каналізаційного господарства.

Особи, не зайняті виробництвом, під час оголошення тривоги або появи різкого запаху хлору повинні одягти засоби індивідуального захисту і негайно покинути зону забруднення, яка розповсюджується по руху повітря від місця витоку хлору. Якщо немає протигазу, необхідно прикласти до рота й носа зволожену тканину (хустинку, шарф та інше) і спокійно покинути забруднену зону, затримуючи дихання. Покидати зону необхідно в напрямку, перпендикулярному руху вітру. Виробничий персонал на місці аварії використовує засоби індивідуального захисту та діє відповідно до плану ліквідації аварійних ситуацій. Персонал інших виробничих підрозділів, що попадає під дію хлорної хвилі, теж одягає протигази і діє згідно інструкції.

Хлор є сильнодіючою отруйною речовиною, яка виявляє загальнотоксичну та подразнюючу дію, а також викликає хімічні опіки. Хлор може поступати в організм через органи дихання та шкіру. Чутливість до хлору відрізняється у різних людей і залежить перш за все від його концентрації у повітрі та терміну перебування людини у забрудненій зоні.

*Перша допомога при ураженні хлором* включає заходи, які можуть бути здійснені самими працівниками (само- і взаємодопомога) і спеціальні заходи, які виконуються медичними працівниками.

Щоб припинити надходження хлору до організму потерпілого, необхідно вивести (винести) його із зараженої зони, звільнити від одягу, що затрудняє дихання, забезпечити повний спокій і зігріти (укрити ковдрою або чимось подібним).

У випадку легкого ураження хлором, що не викликає головного болю, нудоти, тривалого кашлю, болю у грудях або стиснення грудної клітки, після виходу із забрудненої зони необхідно відпочити на свіжому повітрі. У цей час палити і вживати напої, що містять алкоголь, забороняється. При легкому отруєнні рекомендується напоїти потерпілого теплим молоком з содою (теплим



чаєм); дати таблетку кодеїну або діоніну (0,01 г), димедролу (0,01 г), глюконату кальцію (0,5 г), зробити інгаляцію 2-3% розчином соди або тіосульфату натрію впродовж 10-20 хвилин. Незалежно від оцінки стану потерпілого, його необхідно направити у медпункт підприємства або в лікарню.

При важкому отруєнні хлором потерпілого необхідно негайно винести із зони забруднення, бажано - на ношах та у тепле приміщення або накрити теплим одягом, при цьому верхню частину тіла необхідно підняти. При попаданні хлору в очі їх треба промити 2% розчином соди або водою, закапати 1% розчином новокаїну або 0,5% розчином діоніну з адреналіном у пропорції 1:1000, закапати в ніс нафтизін або санорин (0,05 г). Якщо хлорна вода попала всередину організму, треба промити шлунок 2% розчином тіосульфату натрію (випити 4-5 склянок розчину і викликати блювання, надавлюючи пальцями на корінь язика). Потім потерпілому слід дати 10 - 15 крапель нашатирного спирту з водою, яєчний білок, молоко.

Забороняється робити потерпілому штучне дихання, виносити на протяг, охолоджувати і зобов'язувати рухатися. Потерпілого необхідно напоїти теплим молоком або кавою. Подальше лікування призначає лікар.

### **2.7.5. Установки для амонізації води**

Для усунення запахів хлорування в питну воду вводять газоподібний аміак або розчин амонійних солей, наприклад сульфату амонію. Цей процес називається амонізацією води. Аміак являє собою безкольоровий газ із різким запахом, який в 1,5 рази легший за повітря. Гранично допустима його концентрація в повітрі становить 30 мг/м<sup>3</sup>. Аміак добре розчиняється у воді. При тиску 85 МПа (8,5 атм) і температурі 20 °С газоподібний аміак перетворюється у рідину. Аміак транспортують у сталевих стандартних балонах жовтого кольору. Маса аміаку в балонах - 25-30 кг. Балони з аміаком зберігають окремо від балонів із хлором. Поводитись із балонами, наповненими аміаком, необхідно так само обережно, як і з балонами, наповненими хлором.

Пристрої та оснащення приміщень для приготування й дозування аміаку повинні відповідати таким самим вимогам, як і щодо хлораторних приміщень. Приміщення для амонізації належать до класу В-Іб з пожежо- і вибухонебезпеки.

Установку для амонізації розташовують в окремому приміщенні, ізольованому від хлораторного, тому що у випадку витоку газів хлор у суміші з аміаком перетворюється в хлорний амоній (густий білий газ), що перешкоджає

роботі обслуговуючого персоналу. Приміщення обладнують витяжною вентиляцією з 12-тикратним повітрообміном за 1 годину. До обслуговування пристроїв, пов'язаних із застосуванням аміаку, допускаються робітники не молодше 18 років, які пройшли спеціальну підготовку і, які повинні знати правила поведінки при витоках газу з балона або контейнера, при виникненні пожежі, вибуху балона добре знати інструкцію з правил безпеки та щодо надання першої медичної допомоги при отруєнні аміаком.

При амонізації води значної жорсткості застосовують сульфат амонію, що перешкоджає утворенню солей кальцію. Сульфат амонію одержують шляхом насичення сірчаної кислоти газоподібним аміаком. Вміст аміаку в сульфаті амонію по масі становить 20 - 25 % . При нагріванні аміак із сульфату амонію швидко випаровується. Чистий сульфат амонію поставляють із заводу - постачальника в контейнерах або мішках. Зберігати його необхідно у закритому складі.

### **2.7.6 Установки для знезараження води гіпохлоритом натрію**

В останні роки для знезараження води замість хлору застосовують гіпохлорит натрію (ГН) марки А згідно ДСТУ «Гіпохлорит натрію. Технічні умови» або РГН, які отримують електролізом кухонної солі на установках, дозволених МОЗ України для знезараження питної води. Для обробки побутових і промислових стічних вод застосовують гіпохлорит натрію марок А і Б, що виробляється в Україні технічними умовами, погодженими з МОЗ України. Гіпохлорит натрію зареєстрований у «Державному реєстрі дезінфекційних засобів» МОЗ України.

Вміст активного хлору у технічних гіпохлоритах становить близько 19% активного хлору. Для окремих споживачів цей розчин розводять до 5 або 10%.

Гіпохлорит натрію надходить до споживача в пластикових ємностях (контейнерах) об'ємом 25, 50 і 100 л з герметичними швами. Баки можуть бути й металевими із протикорозійним покриттям. Трубопроводи для подачі розчину виготовляють із гуми, поліетилену або металу із покриттям внутрішньої поверхні кислотостійким лаком. Для забезпечення безперебійної подачі реагентів передбачають два трубопроводи - робочий і резервний. Дозу гіпохлориту натрію для хлорування встановлює лаборант разом із оператором - хлораторником.

Правила транспортування і зберігання РГН марки А:

- РГН транспортується залізничним і автомобільним транспортом відповідно до правил перевезень небезпечних вантажів;
- ГН перевозиться в гумованих залізничних цистернах або у контейнерах із склопластику чи поліетилену;
- кришки люків контейнерів повинні бути обладнані повітряником для скидання кисню, що виділяється в процесі розкладу товарного продукту;
- цистерни, контейнери, бочки повинні бути заповнені не більше, ніж на 90% об'єму;
- наливні люки повинні бути ущільнені гумовими прокладками;
- контейнери і бочки перед заповненням повинні бути обов'язково промиті;
- дозволяється зберігати РГН у затемнених або пофарбованих темною фарбою скляних бутлях чи поліетиленових каністрах, бочках, у неопалюваних складських приміщеннях.

РГН - негорючий і не вибухонебезпечний продукт, однак при контакті з органічними горючими речовинами у процесі висихання може викликати їхнє загоряння. РГН не допускається зберігати у приміщенні разом з органічними продуктами, горючими матеріалами і кислотами. У випадку загоряння - гасити водою, піском, вуглекислотними вогнегасниками. РГН, що розлився, змити водою.

Виробничі приміщення повинні бути обладнані припливно-витяжною вентиляцією із забезпеченням не менше ніж 5-ти кратного обміну повітря на годину. Негерметичні вузли обладнання мають забезпечуватись місцевим вентиляційним відсмоктуванням.

До виконання робіт з дезінфекції із застосуванням РГН можуть бути допущені особи, які пройшли медичний огляд і мають допуск до проведення робіт із хлорування. Працівники водопровідних споруд, які мають безпосереднє відношення до забору і підготовки води, обслуговування водопровідних мереж, а також ті, які піддаються впливу шкідливих виробничих факторів, підлягають медичним обстеженням перед прийняттям на роботу і далі в терміни, що встановлюються наказами Міністерства охорони здоров'я України.

При прийманні та переливанні товарного концентрованого РГН у виробничих умовах потрібно дотримуватись вимог безпеки, що спрямовані на захист органів дихання, шкіри слизової оболонки очей (у роботі застосовують фільтруючий протигаз марки В, ізолюючі дихальні прилади, захисні окуляри, захисні протихімічні рукавиці, чоботи, шолом з нагрудником, захисний костюм), що визначено «Висновком державної санітарно-епідеміологічної

експертизи. - Гіпохлорит натрію марок А та Б». - № 50.03.02 - 04/52422 від 16.11.2005. - Міністерства охорони здоров'я України. На робочому місці забороняється вживати їжу, пити воду, палити.

Перша допомога при отруєнні РГН регламентується «Картою даних небезпечного фактора - Натрій хлорит» - № 3762 від 10.02.2005. - Міністерства охорони здоров'я України:

*Загальні заходи:* спокій, тепло, зручне положення тіла, доступ чистого повітря, умови для вільного дихання. Міцний чай, кава.

*Інгаляція:* дати зволожений кисень або карбоген чи застосувати штучне дихання.

*Заковтування:* очистити ротову порожнину від залишків продукту. Пити ковтками рослинну олію (оливкову, соняшникову), активоване вугілля.

*Попадання в очі:* промивати проточною водою до усунення симптомів подразнення.

*Попадання на шкіру:* зняти і видалити забруднений одяг, взуття, спорядження. Промивати уражену ділянку проточною водою до видалення залишків продукту. При опіку - накласти асептичну пов'язку.

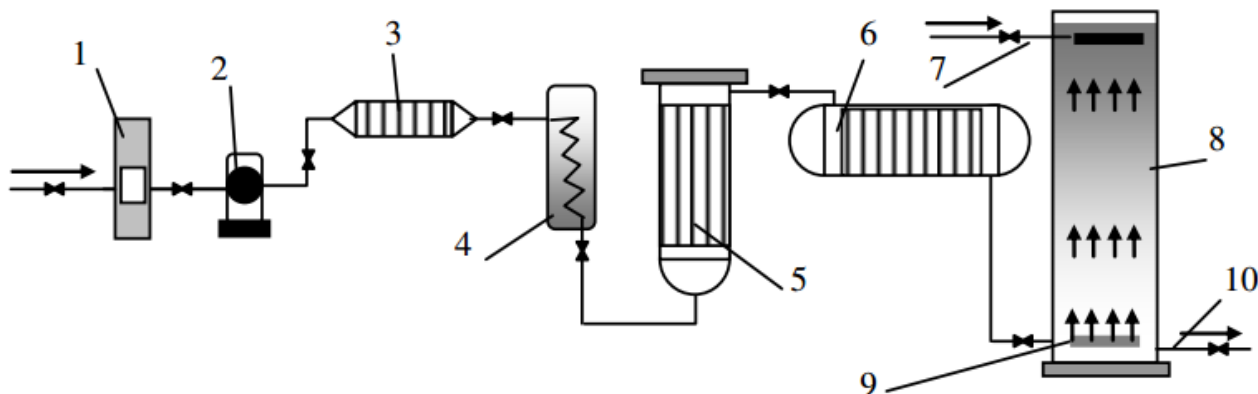
При необхідності - забезпечити швидку доставку потерпілого в медичну установу.

### **2.7.7 Озонаторні установки**

Озон  $O_3$  застосовують для знезаражування води та вилучення з неї органічних речовин і розчинних газів. Озон одержують в озонаторних установках (рис. 2.15).

Атмосферне повітря, яке проходить через фільтр для очищення від пилу, компресором подається на охолоджуючі пристрої, звідки надходить в сушильний апарат. Сухе охолоджене повітря направляється в озонатори, де утворюється озоноповітряна суміш з концентрацією озону 2 - 12 г/м<sup>3</sup>, яка в подальшому змішується з водою в контактній колоні.

Озон добре розчиняється у воді, але швидко розкладається. При температурі води 10°C час розпаду озону у воді - 10 хв. Будучи сильним окислювачем, озон вимагає особливої обережності при роботі з ним. Устаткування для його синтезу розміщують в окремому ізольованому приміщенні з виходом в інші приміщення через герметичні двері або в приміщенні очисних споруд.



*1 - повітряний фільтр; 2 - компресор; 3 - охолодження повітря;  
4 - сушіння повітря; 5 - нагрівач повітря; 6 - блок озонаторів; 7 - подача  
води; 8 - змішувач; 9 - повітрярозподільча система; 10 - відвід води*

*Рисунок 2.15 - Технологічна схема озонування води*

Установки для синтезу озону встановлюють на відстані не менше, ніж за 200 м від місць із сильно зволженим повітрям (градирень, фонтанів і відкритих водойм). Блок озонаторів встановлюють в приміщенні.

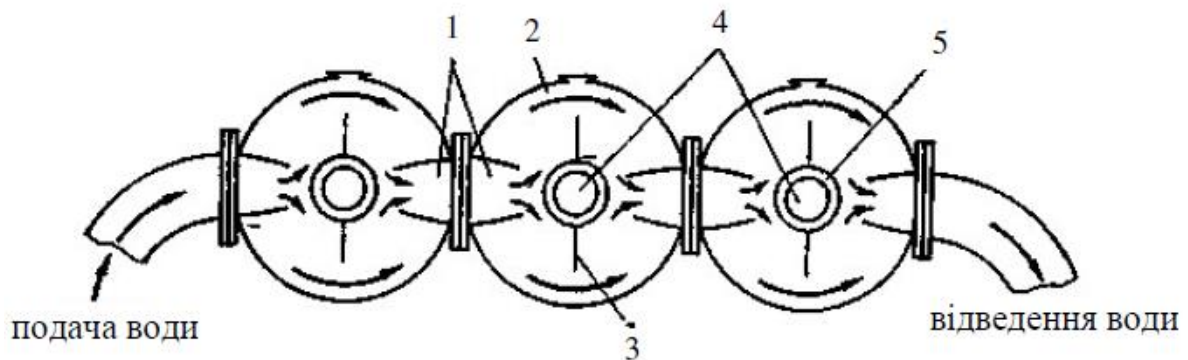
Приміщення, де відбувається процес озонування води, обладнують газоаналізаторами, які автоматично включають звуковий і світловий сигнали про наявність у приміщенні небезпечних концентрацій озону. В приміщенні для синтезу озону, де встановлені резервуари з озонованою водою, підлога повинна бути газо- водонепроникною.

Через високу корозійну здатність озону і його водних розчинів, які руйнують звичайну сталь, чавун, мідь і гуму, всі елементи озонаторних установок і трубопроводи виготовляють із нержавіючої сталі. Прокладки виконують із матеріалів, стійких до озону (пароніту, полівінілхлориду). При експлуатації озонаторних установок повинні бути передбачені заходи щодо захисту персоналу від ураження струмом високої напруги, що застосовується в таких установках.

## 2.7.8 Бактерицидні установки

Бактерицидні установки застосовують для знезараження підземних, джерельних, інфільтраційних вод, які мають фізико - хімічні показники (мутність, кольоровість і вміст заліза) не нижче вимог «Вода питъевая». Кількість бактерій групи кишкової палички в оброблюваній воді повинна бути не більше 1000. Для знезараження води у бактерицидних установках використовують ультрафіолетові промені.

До складу бактерицидної установки входять камера опромінення і електроапаратура, що складається з пускорегулюючих і сигнальних елементів (рис. 2.16). У корпусі камери опромінення знаходяться бактерицидна лампа в циліндричному кварцовому чохлі, направляючі спіралі та щіткові очисні пристрої.



1 - перехідні патрубки; 2 - корпус камери; 3 - радіальні перегородки;  
4 - ртутно-кварцові лампи; 5 - кварцові чохла

Рисунок 2.16 - Бактерицидна установка

Кварцовий чохол захищає лампу від контакту з водою, але вільно пропускає ультрафіолетові промені. Корпус камери закритий з обох боків кришками. Для спостереження за роботою лампи і очисного пристрою влаштовані два оглядові вікна. Випуск повітря при заповненні установки водою та спорожнення камери здійснюється через крани. Електросилова й пускова апаратура, а також контрольно-вимірювальні прилади установки змонтовані в шафі керування і на пульті сигналізації.

Бактерицидні установки розміщують в ізольованих приміщеннях основних споруд або в окремих спеціальних приміщеннях і прибудовах,

захищених від атмосферних опадів. Температура повітря в приміщенні повинна бути в межах 5 - 35°C, а відносна вологість не більше 80% при 25°C. Якщо вологість вище зазначеної, варто винести пульт керування у більше сухе, суміжне з установкою приміщення.

Шафу керування бактерицидними установками розміщують у тому ж приміщенні, де розташована установка, або в приміщенні, суміжному з установкою. Пристрій сигналізації встановлюють у приміщенні чергового обслуговуючого персоналу або на місцевому диспетчерському пункті. Корпус установки, шафу керування і пристрій сигналізації обов'язково заземлюють.

Перед пуском бактерицидних установок в експлуатацію, а також після проведення ремонтних робіт, пов'язаних з відкриттям, трубопроводи і камери ретельно промивають з одночасним хлоруванням розчином хлору. Щоб уникнути руйнування окремих елементів конструкцій установок концентрація хлору у воді не повинна перевищувати 5 - 10 мг/л при тривалості обробки 1 - 2 години. Після закінчення хлорування камери і трубопроводи промивають водою. Після цього установку можна запустити в пробну експлуатацію із скиданням незараженої води у каналізацію.

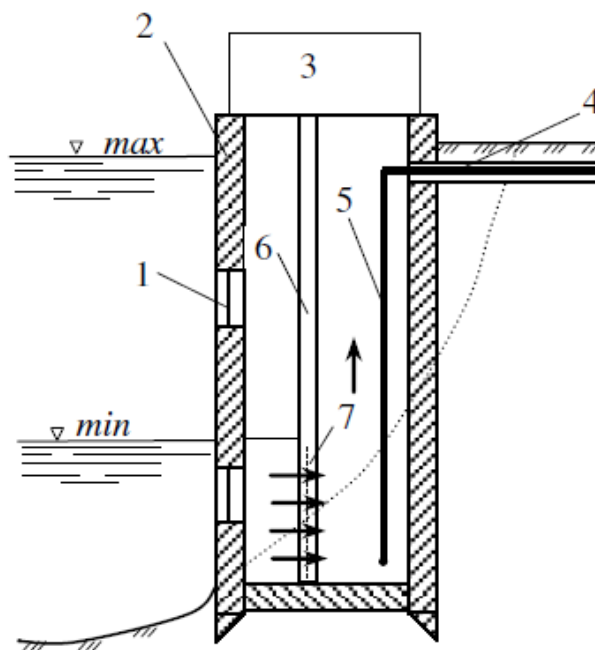
Дивитися на відкрите джерело випромінювання можна тільки через окуляри, що захищають від впливу ультрафіолетових променів. Відкривати шафи керування і сигналізації та усувати монтажні дефекти можна тільки при виключених вимикачах на щиті електроживлення. Замінювати лампи можна тільки при вимкненні подачі напруги. При проведенні робіт встановлюють знаки безпеки.

Щоб уникнути враження електричним струмом залишкового заряду, конденсатори, які встановлені в шафах керування бактерицидних установок, повинні бути розряджені спеціальним розрядником. Захисні ковпаки на торцевих стінках камер знімають не раніше ніж через 10 - 15 хвилин після відключення установки, не торкаючись оголених провідників на клеммах кріплення ламп. Після цього перевіряють відсутність напруги на цих клеммах. Кабелі від шафи керування до камер бактерицидних установок прокладають у підлозі в металевих трубах. На підлозі біля шафи керування і камер бактерицидних установок повинні бути гумові діелектричні килимки.

## 2.8 Безпека праці при експлуатації систем водопостачання

Водозабірні споруди залежно від категорії природних джерел води поділяють на дві основні групи: для прийому води із поверхневих і підземних джерел.

Влаштування, ремонт та експлуатація водозабірних споруд з поверхневих джерел водопостачання (рис. 2.17) повинні виконуватись з урахуванням вимог «Єдиних правил безпеки праці на водозабірних роботах» та «Правил техніки безпеки при експлуатації міських гідротехнічних споруд».



*1 - входні вікна; 2 - береговий колодезь; 3 - надземний павільйон;  
4 - галерея для всмоктуючої лінії; 5 - всмоктуюча лінія; 6 - розподільча  
перегородка; 7 - сітка*

*Рисунок 2.17 - Водозабір берегового типу*

Конструкція водозабірних споруд з поверхневих джерел водопостачання має гарантувати безпеку робіт під час огляду, ремонту і очищення водозабірних камер і колодезів від осаду, решіток горловини чи берегового водоприймача від сторонніх предметів, сміття.



При експлуатації водозабірних споруд повинні проводитися такі заходи: очищення решіток горловини від забруднень плаваючими предметами й водоростями; очищення самопливних труб від мулових відкладень; очищення сіток від забруднень, розташованих у водоприймальній камері й самій камері.

Очищення решіток горловини зазвичай виконується двома способами: підводним (за участю водолаза) і підйомом решіток із води. Очищення решіток ручними граблями із човнів або з льоду можливе тільки при повільній течії, малій глибині й незначних забрудненнях. У глибоких ріках зі швидкою течією решітки очищають водолази.

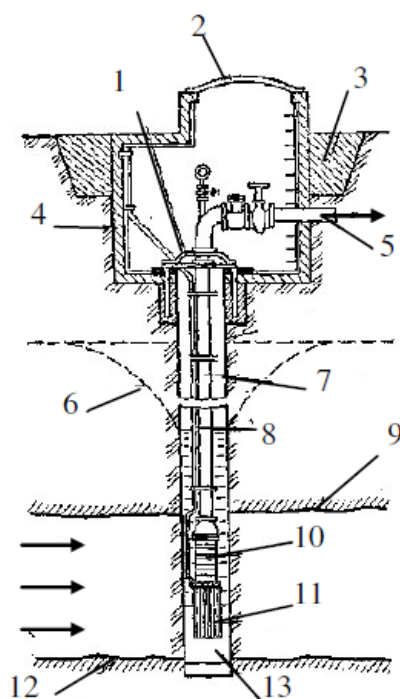
Під час виконання робіт з очищення, ремонту та обслуговування решіток горловини з відкритої поверхні водойми, з криги чи під кригою працівників необхідно забезпечувати засобами індивідуального захисту (рятувальні пояси зі страховою мотузкою, рятувальні круги, рятувальні піно полістирольні або коркові у оболонці жилети). Очищення вхідних решіток горловини у разі незначного забруднення і швидкості течії води до 1 м/с можна проводити з поверхні води або з льоду, що має безпечну товщину. У випадку пересування по льоду водойми та роботи на ньому без попереднього обстеження крижаного покрову, а також визначення його міцності, забороняється. Склад робочої бригади, яка працює на кризі, має бути не менше, ніж три чоловіки, з призначенням старшого за проведенням робіт та інструктажу з урахуванням місцевих умов. У разі визначення міцності здатності крижаного покрову слід брати до уваги тільки шар кристалічного льоду, враховуючи найменшу його товщину з усіх замірів. Вимірювання товщини криги має проводитись: взимку - один раз на 10 днів; восени і навесні, а також у разі підвищення температури повітря до 0°C і більше - щодня. Результати вимірювання товщини льоду оформляються актом або записом у журналі. Під час появи на поверхні льоду тріщин і води роботи слід припинити.

Роботи з обслуговування, ремонту і експлуатації горловин з відкритої поверхні водойми слід проводити із застосуванням плаваючих засобів (човнів, плотів та ін.) або із спеціально влаштованих містків. Містки повинні мати перила висотою не менше 1 м.

Виконання робіт з ремонту, очищення та експлуатації решіток оголовка під час значного забруднення, швидкості течії води більш як 1 м/с і потреби опускання працівників у воду, дозволяється тільки водолазам першого та другого класу, а також особам, які мають кваліфікацію «Майстер водолазних робіт». Спеціалісти, які відповідають за організацію виконання всіх видів водолазних робіт, повинні мати кваліфікацію «Водолазний спеціаліст».

При необхідності електрообігрівань решіток горловини слід дотримуватись вимог «Правил улаштування електроустановок» (ПУЕ), «Правил технічної експлуатації електроустановок споживачів» та «Правил безпечної експлуатації електроустановок споживачів». Під час обігріву решіток горловини паром або гарячою водою слід дотримуватись вимог «Правил улаштування та безпечної експлуатації трубопроводів пару і гарячої води».

Габарити павільйону і підземної камери водозабірної свердловини (рис. 2.18) слід визначати, виходячи з умов розміщення у ньому електродвигуна, електроустаткування, контрольно-вимірювальних приладів, а у разі потреби, приміщення для обслуговуючого персоналу.



1 - оголовок; 2 - кришка; 3 - замок із глини; 4 - шахта; 5 - напірний трубопровід; 6 - крива депресії; 7 - обсадні труби; 8 - водопідйомні труби;  
9 - водоупірне покрівля; 10 - глибокий насос; 11 - фільтр;  
12 - водоупір; 13 - відстійник

Рисунок 2.18 - Схема водозабірної свердловини

Висота наземного павільйону і підземної камери має бути не менше 2,4 м. Верхня частина експлуатаційної колони труб має виступати над підлогою не менше, як на 0,5 м. Монтаж і демонтаж секцій глибоких насосів слід

передбачити через лази, розташовані над горловиною свердловини із застосуванням засобів механізації. Під час експлуатації вантажопідйомних механізмів на водозабірних свердловинах слід дотримуватися вимог «Правил будови безпечної експлуатації вантажопідйомних кранів», «Правил безпечної роботи з інструментами та пристроями» і «Устаткування наземне для освоєння і ремонту свердловин. Загальні вимоги безпеки». У павільйонах водозабірних свердловин, крім основного електроосвітлення, слід передбачити аварійне.

При опусканні працівників у підземну камеру водозабірної свердловини допуск до робіт слід оформити нарядом-допуском з попереднім проведенням інструктажу. Склад бригади під час ремонтів та експлуатації устаткування у підземних камерах водозабірних свердловин має бути не менше 3-х чоловік. Персонал повинен мати засоби індивідуального захисту органів дихання та спасіння. Під час виконання робіт у підземних камерах водозабірних свердловин необхідно використовувати засоби примусової вентиляції або засоби індивідуального захисту (ізолюючий протигаз з викидним шлангом ПШ-1, ПШ 11 киснево-ізолюючий протигаз та інше).

Шахтні водозабірні колодязі повинні мати вентиляційну трубу, виведену вище поверхні землі на висоту не менше 2 м. Верх шахтних колодязів має бути вище поверхні землі не менше 0,8м.

### **Питання для самоконтролю**

1. Вкажіть основні елементи і споруди систем водопостачання
2. Які існують різновиди постачання води ?
3. Що впливає на схему водопостачання міст і населених пунктів?
4. Назвіть головні вимоги ,яким повинні задовольняти водопровідні мережі
5. Класифікація джерел водопостачання в залежності від джерел водопостачання
6. Схема водопостачання першого підйому
7. Схема водопостачання другого підйому
8. Вкажіть різновиди систем водопостачання промислових підприємств
9. Поясніть устрій систем оборотного водопостачання
10. Дайте пояснення схем прямого водопостачання
11. Як визначаються добові і річні витрати води?
12. Від чого залежать витрати води на пожежогасіння житлових будівель і підприємств?
13. Визначить режими роботи водопровідних мереж
14. Які вимоги безпеки враховують при розробці водопровідних мереж та їх експлуатації?

15. Що враховують при розробці конфігурації мереж водопостачання ?
16. Поясніть устрій запірній і регулювальній арматури
17. Як забезпечуються безпека і надійність переходу водопровідних ліній через штучні перепони: річки, залізниці, автодороги та інші?
18. Які вимоги безпеки відносять до труб залежно від умов їх роботи?
19. Назвіть арматуру ,що використовують при гідравлічних ударах

## РОЗДІЛ 3 СИСТЕМИ ВОДОВІДВЕДЕННЯ СТІЧНИХ ВОД

### 3.1 Обладнання і споруди на мережах водовідведення

Під системою каналізації розуміють комплекс інженерних споруд, які призначені для приймання й транспортування стічних вод за межі населених місць і промислових підприємств, їхнього очищення, знезаражування й випуску у водойми. Крім того, водовідвідні системи повинні забезпечувати відвід і очищення дощових і талих вод.

Стічні води, які утворюються в межі населених місць і промислових підприємств, поділяться на:

- побутові, які утворюються в житлових, адміністративних, комунальних будинках, а також у побутових приміщеннях промислових підприємств;
- виробничі, які утворюються при використанні води в різних технологічних процесах виробництва;
- дощові, які утворюються в результаті випадання осадів, танення снігу.

Стічні води всіх зазначених категорій містять певну кількість забруднень, різних по хімічному складу, фазовому стану. Найнебезпечнішими в санітарному відношенні є побутові стічні води.

Каналізаційна мережа складається з наступних основних елементів:

1. Внутрішні домові пристрої;
2. Зовнішня внутрішньо квартална мережа;
3. Зовнішня вулична водовідвідна мережа;
4. Насосні станції, напірні водоводи;
5. Очисні споруди;
6. Випуски очищених стічних вод.

Для прийому та відведення дощових вод улаштовують систему внутрішніх водостоків.

**Системи водовідведення міст.** У сучасних упоряджених населених місцях для видалення стічних вод за межі території влаштовують різні системи централізованої каналізації. Залежно від того, які категорії стічних вод відводить каналізаційна мережа, розрізняють наступні системи каналізації:

- *Загальносплавна* - це система, при якій всі категорії стічних вод надходять на очисні споруди по одній підземній мережі трубопроводів. Переваги цієї системи - повне знешкодження стічних вод, при цьому якість очищеної суміші стічних вод відповідає необхідним для водойми показникам.

Специфічною особливістю загальносплавної каналізації є наявність ливнеспусків, призначених для розвантаження мережі від великих витрат, що виникають при сильних дощах, безпосередньо у водойму (без очищення), що в санітарному відношенні є одним з недоліків такої системи.

- *Повна роздільна*, при якій прокладають дві самостійні підземні мережі трубопроводів: одна - для відведення побутових та виробничо- побутових стічних вод, а друга - для відведення дощових вод. Перевагами такої системи є рівномірна робота головних колекторів насосних станцій і очисних споруд, які розраховані тільки на витрати побутових і виробничо- побутових стічних вод. Недоліки - необхідність будівництва двох роздільних мереж, скидання дощових вод без очищення у водойми.

- *Напівроздільна*, при якій також, як і при повної роздільної, улаштовуються дві самостійні мережі: одна для побутових і виробничих стоків, інша - для дощових і талих вод. Головні колектори, що відводять стоки на очисні споруди, улаштовуються загальносплавними. Стоки дощової каналізації надходять у них через розподільні камери, які пропускають лише обмежену витрату дощових вод. При його перевищенні відбувається скидання дощових вод у водойму (тільки дощових). Таким чином при такій системі під час дощу у водойму надходить найменша кількість забруднень. У цьому велика перевага напівроздільної системи каналізації.

- *Неповна роздільна* система - має одну водовідвідну мережу для відводу побутових й виробничо-побутових стічних вод. Відвід дощових вод у водойми передбачається по відкритих лотках, кюветах, каналах.

Комбінована система каналізації, яка допускає будівництва в окремих районах міста різних систем каналізації.

Вибір той або іншої системи водовідведення роблять на підставі техніко-економічних порівнянь, з урахуванням рельєфу місцевості і санітарно-гігієнічних вимог.

### **3.2 Влаштування мереж водовідведення з врахуванням заходів безпеки**

Схеми каналізаційних мереж залежать від рельєфу місцевості, розташування водоймищ, очисних споруд, геологічних і гідрогеологічних умов будівництва трубопроводу.

Схеми водовідвідних мереж бувають наступні:

1. *Перпендикулярна* - колектори басейнів каналізування трасують перпендикулярно напрямку руху води у водоймі. Таку схему застосовують при ухилі поверхні землі до водойми й при відводі стічних вод, які не вимагають очищення (дощові, умовно чисті).

2. *Пересічена* - колектори басейнів каналізування трасують перпендикулярно напрямку руху води у водоймі й перехоплюються головним колектором, трасування якого здійснюється паралельно річці. Таку схему застосовують при плавному падінні рельєфу місцевості й необхідності очищення стічних вод.

3. *Паралельна* - колектори басейнів каналізування трасують паралельно або під невеликим ухилом до напрямку руху води у водоймі й перехоплюються головним колектором, що транспортує стічні води до очисних споруд перпендикулярно до напрямку руху води у водоймі. Цю схему застосовують при різкому падінні рельєфу місцевості до водойми. Вона дозволяє уникнути в колекторах підвищення швидкостей руху води, яке сприяє руйнуванню трубопроводів.

4. *Зонна схема* - територія, що каналізується, розбивається на дві зони: з верхньої стічні води надходять до очисних споруд самопливом, а з нижньої вони перекачуються насосною станцією. Кожна зона має схему, аналогічну однієї з наведених вище.

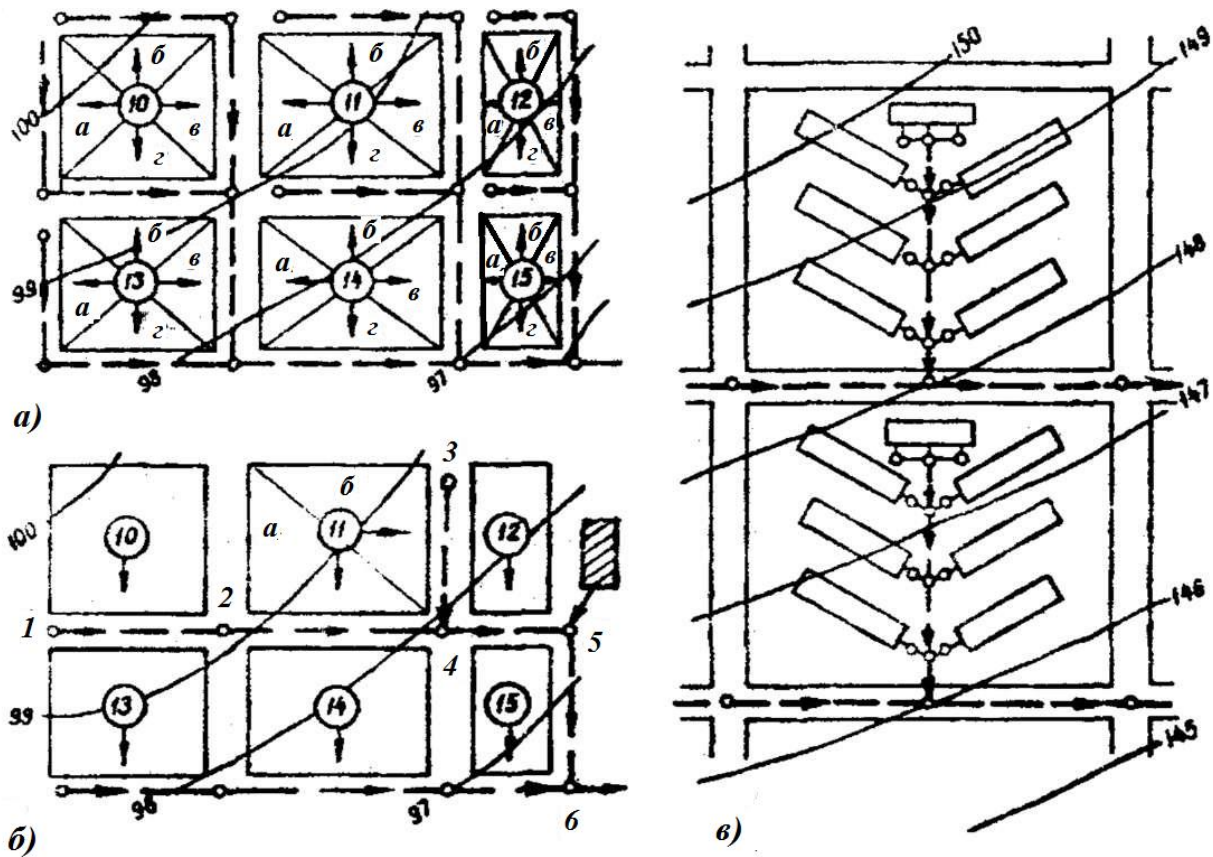
5. *Радіальна* - очищення стічних вод здійснюється на двох або більше очисних станціях. Дану схему застосовують при складному рельєфі місцевості й каналізуванні великих міст.

Трасування вуличних каналізаційних мереж може бути здійснене за трьома основними схемами (рис. 3.1):

- Охоплююча схема трасування - вуличні мережі прокладають по проїзній, частині, що охоплює кожний квартал з всіх чотирьох сторін (рис. 3.1, а). Цю схему застосовують при плоскому рельєфі місцевості (ухил до 0.005...0.007) та великих розмірах кварталів.

- Трасування по зниженій стороні кварталу - вуличні мережі прокладають лише зі знижених сторін кварталів, що обслуговуються. Цю схему використовують при значному падінні місцевості з падінням поверхні рівня землі до однієї або двох границь кварталу (ухил поверхні землі більше 0.008-0.01), (рис. 3.1, б).

- Через квартальна схема трасування - вуличні мережі прокладають у середині кварталів - від вище розташованих до нижче розташованих. Дана схема дозволяє значно скоротити довжину мереж і вартість їх будівництва, але створює труднощі в експлуатації (рис. 3.1, в).



а) за охоплюючою схемою; б) трасування по зниженій стороні кварталу;  
 в) через квартальна;  
 а, б, в, г - сектори кварталів; 1 - 6 - вузлові колодязі; 10 - 15 - номери кварталів

Рисунок 3.1 - Схеми трасування каналізаційних мере

### 3.3 Визначення розрахункових витрат стічних вод

Одним з найважливіших параметрів для розрахунку водовідвідних мереж є величина припливу (витрата) стічних вод. Для розрахунку припливу стічних вод від житлових кварталів потрібно знати кількість стічної води від одного жителя, тобто норму водовідведення.

Норма водовідведення залежить від багатьох факторів: життєвого рівня, культури, кліматичних умов, ступеня благоустрою житлової забудови і т.п.

При розрахунку водовідвідних споруд виходять з середніх і максимальних добових, годинних і секундних витрат. Величина цих витрат



являє собою суму розрахункових витрат від населення, побутових стічних вод від промислових підприємств, душових та виробничих стічних вод.

Формула для визначення середніх витрат побутових стічних вод від населення міста:

$$Q^{\text{поб.}}_{\text{сер.доб}} = n N/1000, \text{ м}^3 / \text{доб.}, \quad (3.1)$$

де  $n$  - питома середньодобове (за рік) водовідведення на одного мешканця, л/доб;

$N$  – кількість мешканців, чол.

***Розрахункові витрати стічних вод роздільної системи каналізації.***

При проектуванні господарсько-побутової системи каналізації населених пунктів середньодобове (за рік) водовідведення стічних вод від житлової забудови слід приймати таким, що дорівнює середньодобовому водоспоживанню (без урахування витрати води з системи водопостачання на миття-поливання міських територій) за реальними даними, а за відсутності цих даних допускається визначати за кількістю жителів з урахуванням ступеня благоустрою житлових будинків згідно з таблицею 3.1.

Таблиця 3.1 - Питома середньодобова (за рік) норма водовідведення

Ступінь благоустрою житлової забудови	Питома середньодобова (за рік) норма водовідведення, л/добу на одного жителя
Житлова забудова, обладнана внутрішнім водопроводом і каналізацією:	
- без ванн	100-135
- з ваннами та місцевими водонагрівачами	150 – 230
- з централізованим гарячим водопостачанням	230 - 285

*Примітка 1.* Середньодобову норму водовідведення в межах, зазначених в таблиці 1, визначають залежно від архітектурно-будівельного кліматичного району (згідно з ДСТУ-Н Б В.1.1-27), поверховості будинків, прийнятого обладнання, місцевих умов тощо. Наведені в таблиці 1 середньодобові норми водовідведення можна зменшувати, а у містах - курортах і в містах з населенням понад 250 тис. жителів збільшувати, якщо це передбачено у чинному генеральному плані цього населеного пункту.

*Примітка 2.* Питоме водовідведення в неканалізованих районах населених пунктів можна приймати від 25 л/добу до 50 л/добу на одного жителя (з урахуванням роботи зливних станцій).

*Примітка 3.* Невраховані витрати приймаються у відсотках від всього об'єму стічних вод на першу чергу будівництва: в малих і середніх містах - 5 %; у великих і значних - 7 %, у найзначніших - 10 %; на розрахунковий строк: у малих і середніх містах - 10 %, у великих і значних - 15 %, у найзначніших - 20 %.

*Примітка 4.* Градація міст із визначенням кількості жителів в них прийнята згідно з ДБН 360: великі міста - понад 250 тис. жителів до 500 тис. жителів, значні - понад 500 тис. жителів до 1000 тис. жителів, найзначніші - понад 1000 тис. жителів. У групу малих міст включено селища міського типу з кількістю жителів від понад 5 тис. жителів до 10 тис. жителів, кількість населення у малих і середніх містах - від понад 10 тис. жителів до 250 тис. жителів.

Визначення розрахункової витрати стічних вод від окремих житлових і громадських будинків (у разі необхідності обліку зосереджених витрат) слід виконувати згідно з ДБН В.2.5-75:2013.

Розрахункові максимальні (мінімальні) добові витрати стічних вод, м<sup>3</sup>/добу, від житлової забудови потрібно визначати як суму середньодобових (за рік) витрат стічних вод з урахуванням коефіцієнтів добової нерівномірності, що приймаються відповідно до ДБН В.2.5-75:2013.

Середньодобові і максимальнодобові витрати, м<sup>3</sup>/добу, стічних вод промислових підприємств, підключених до господарсько-побутової системи каналізації населеного пункту, слід приймати за конкретними або проектними даними по кожному окремому підприємству, отриманими від його власника або генпроектувальника. Водовідведення з резервних територій за відсутності конкретних даних допускається враховувати за аналогами (з урахуванням галузі, для якої передбачено їх використання, та їх площі).

Розрахункову середньодобову витрату стічних вод, м<sup>3</sup>/добу, у населеному пункті потрібно розраховувати як суму витрат від житлової забудови і від підключених підприємств. Розрахункову максимальнодобову витрату стічних вод, м<sup>3</sup>/добу, у населеному пункті потрібно визначати як суму максимальних витрат від житлової забудови і від підключених підприємств.

Розрахункові максимальні та мінімальні витрати стічних вод, л/с, рекомендується визначати за коефіцієнтами добової та годинної нерівномірності, а за їх відсутності допускається орієнтовно розраховувати за середньодобовими (за рік) витратами стічних вод, переведеними в л/с, та загальними коефіцієнтами нерівномірності, наведеними у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 - Загальні коефіцієнти нерівномірності припливу стічних вод у населених пунктах

Загальний коефіцієнт нерівномірності припливу стічних вод	Середня витрата стічних вод, л/с								
	5	10	20	50	100	300	500	1000	5000 і більше
Максимальний $K_{gen,max}$	2,5	2,1	1,9	1,7	1,6	1,55	1,5	1,47	1,44
Мінімальний $K_{gen,min}$	0,38	0,45	0,5	0,55	0,59	0,62	0,66	0,69	0,71

*Примітка 1.* Загальні коефіцієнти нерівномірності припливу стічних вод, наведені в таблиці 1.3, приймаються при кількості виробничих стічних вод, що не перевищує 45 % загальної витрати. При кількості виробничих стічних вод понад 45 % загальні коефіцієнти нерівномірності визначаються з урахуванням нерівномірності відведення господарсько-побутових і виробничих стічних вод за годинами доби згідно з даними фактичного припливу стічних вод або даними експлуатації аналогічних об'єктів.

*Примітка 2.* При середніх витратах стічних вод від житлових будівель менше ніж 5 л/с розрахункові витрати визначаються згідно з ДБН В.2.5-75:2013.

*Примітка 3.* При проміжних значеннях середньої витрати стічних вод загальні коефіцієнти нерівномірності визначаються інтерполяцією.

Розрахункові витрати стічних вод промислових підприємств, л/с, слід визначати: - для зовнішніх колекторів підприємства, що приймають стічні води від цехів, - за максимальними годинними витратами; - для загальнозаводських і позамайданчикових колекторів підприємства - за сумішеним годинним графіком; - для позамайданчикового колектора групи підприємств - за сумішеним годинним графіком з урахуванням часу протікання стічних вод по колектору.

Канали, самопливні та напірні трубопроводи господарсько-побутових і виробничих стічних вод рекомендується перевіряти на пропуск сумарної розрахункової максимальної витрати та додаткового припливу поверхневих і ґрунтових вод у періоди дощів і сніготанення, що неорганізовано надходять у самопливні мережі каналізації через нещільності люків колодязів і за рахунок інфільтрації ґрунтових вод.

Величину додаткового припливу  $q_{ad}$ , л/с, слід визначати на основі спеціальних вишукувань або даних експлуатації аналогічних об'єктів, а за їх відсутності допускається визначати за формулою:

$$q_{ad} = 0,15L\sqrt{m_d} \quad (3.2)$$

де  $L$  - загальна розрахункова довжина трубопроводів, км;

$m_d$  - величина максимальної добової кількості опадів, мм, визначена за даними обласних центрів чи інших установ з гідрометеорології (орієнтовні дані наведені у ДБН В.2.5-75:2013 додатку А).

Перевірочний розрахунок самопливних трубопроводів і каналів з поперечним перерізом будь-якої форми на пропуск збільшеної витрати повинен здійснюватися при наповненні з максимальною пропускною здатністю.

Розрахункові витрати для мереж і споруд при перекачуванні стічних вод насосами слід приймати такими, що дорівнюють розрахунковій продуктивності насосних установок (з урахуванням роботи регулюючих резервуарів, якщо вони передбачені).

Дані для розрахунку дощової каналізації наведено ДБН В.2.5-75:2013 (додаток А). Загальний об'єм, м<sup>3</sup>, дощових і талих вод, що стікають у дощову каналізацію з території водозбірних басейнів за теплий і холодний період року, можна визначати за ДСТУ 3013.

### 3.4 Трасування та основи проектування каналізаційних мереж

Трасування каналізаційних мереж залежить в основному від рельєфу місцевості, ґрунтових умов і розташування водоймищ. Проектування мереж здійснюється у такій послідовності:

1. Територію об'єкта, що каналізується розділяють лініями водорозділів на басейни каналізування;
2. По знижених місцях трасують колектори басейнів каналізування;
3. Трасують головні колектори, перехоплюючи колектори басейнів каналізування в напрямку до очисних споруд;
4. Трасують вуличні мережі з таким розрахунком, щоб кожна гілка вуличної мережі мала мінімальну довжину.

Основні правила проектування каналізаційних мереж:

1. Трубопроводи водовідведення потрібно укладати прямолінійно. У місцях приєднань, а також зміни напрямку, ухилів і діаметрів слід передбачати влаштування колодязів.

2. Кут повороту потоку стічних вод у плані повинен бути не більше 90°. При необхідності більшого кута повороту слід передбачати в поворотному колодязі перепад.

3. Розрахункова швидкість потоку за течією не повинна падати, а повинна зростати при збільшенні витрат.

4. Розрахункова швидкість у бічному приєднанні не повинна перевищувати швидкість в основному трубопроводі.

Відступ від правил 3 і 4 приводить до замулювання трубопроводу. При проектуванні каналізаційної мережі вирішують основне завдання гідравлічного розрахунку - визначення розрахункової витрати стічних вод  $q$ , л/с діаметра труби  $d$ , мм, швидкості  $V$ , м/с, наповнення  $h/d$ , ухилу колектора і з урахуванням ухилу місцевості уздовж траси колектора.

При цьому необхідно враховувати, що каналізаційну мережу розраховують на часткове наповнення труб. Часткове наповнення труб характеризується ступенем наповнення  $h/d$ , де  $h$  - глибина наповнення труби (мм),  $d$  - діаметр труби (мм).

Самопливний режим течії з частковим наповненням перерізу трубопроводів дозволяє:

- 1) створити деякий резерв у перерізі труб для пропуску витрати, що перевищує розрахункову;
- 2) створити кращі умови для транспортування завислих забруднень;
- 3) забезпечити вентиляцію мережі для видалення шкідливих і небезпечних газів, що виділяються зі стічної рідини.

Для запобігання замулювання колекторів приймають мінімальні самоочищуючі швидкості руху стічних вод залежно від їх діаметра за таблицею 3.3. Максимально припустиме значення  $h/d$  для труб виробничо-побутової мережі різного діаметра також обмежено значеннями, які надані в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3-Допустимі параметри самопливного руху стічних вод

Діаметр, мм	Мінімальна самоочищаюча швидкість, м/с	Максимально припустиме наповнення $h/d$
150-250	0,7	0,6
300-400	0,8	0,7
450-500	0,9	0,75
600-800	1,0	0,75
>900	1,15	0,8

При проектуванні також необхідно дотримуватися так званого «правила швидкостей» - швидкість на наступній ділянці повинна бути більша, або в крайньому випадку, рівна попередній, тобто повинна постійно збільшуватися.

### **3.5 Вибір матеріалу труб і спосіб їх з'єднання**

Матеріали, які використовуються для виготовлення труб, повинні задовольняти будівельним, технологічним і економічним вимогам. Будівельні вимоги полягають у забезпеченні міцності й довговічності конструкцій і можливості індустріалізації будівництва; технологічні - у забезпеченні водонепроникності й максимальної пропускної здатності труб, а також виключенні їх стирання і корозії; економічні - у забезпеченні мінімальної вартості матеріалів.

Викладеним вимогам задовольняють керамічні, азбестоцементні, бетонні, залізобетонні, чавунні та пластмасові труби. Вибір матеріалу труб для влаштування мереж водовідведення залежить від глибини їх закладання, самопливного або напірного руху стічних вод, складу стічних і ґрунтових вод, характеру ґрунтів.

Для самопливних каналізаційних трубопроводів застосовують, як правило, неметалічні труби: керамічні, азбестоцементні безнапірні, бетонні й залізобетонні, а також залізобетонні елементи (для влаштування каналів).

Для напірних трубопроводів використовують напірні залізобетонні, азбестоцементні, пластмасові, а також сталеві труби.

Каналізаційні труби з'єднують за допомогою розтрубів, фальців з накладним поясом та за допомогою муфт.

Стикові з'єднання труб повинні бути міцними, водонепроникними, стійкими проти корозії і температурних впливів. Розтрубні стики з'єднують на розтрубах, труби із гладкими кінцями - на муфтах. Стики розтрубних з'єднань зашпаровують асфальтовою мастикою, азбестоцементом і цементом. Фальцові з'єднання зашпаровують мастикою або цементом.

Основи під труби слід приймати за несучою здатністю ґрунту і фактичними навантаженнями.

Труби керамічні каналізаційні для влаштування безнапірних мереж випускають діаметром 150-300 мм, L= 900-1500мм, з'єднання розтрубне. Переваги: водонепроникність, гладкість стін (покриття глазур'ю), висока опірність агресивним впливам ґрунтових і стічних вод, надійність розтрубних

з'єднань. Недолік - маленька довжина, тому необхідно виконувати багато стикових з'єднань.

Азбестоцементні труби (безнапірні) виготовляються діаметром 100-400 мм, довжина до 4 м, з'єднання за допомогою муфт із ущільненням гумовими кільцями. Переваги: водонепроникність, гладка поверхня, висока опірність агресивному середовищу, більша довжина. Недолік - крихкість, що перешкоджає їхньому транспортуванню.

Труби залізобетонні безнапірні виготовляють діаметром 400-2400 мм, За способом з'єднання підрозділяють на розтрубні й фальцові. Розтрубні ущільнюють герметиками або гумовими кільцями, фальцові - ущільнюють герметиками. Труби бувають нормальної й підвищеної міцності.

Труби залізобетонні напірні - виготовляються діаметром 300-2400 мм. З'єднуються між собою за допомогою розтрубів з ущільненням з гумових кілець.

Пластмасові труби. Для виробництва пластмасових труб найбільше використовують полівінілхлорид, поліетилен й інші термопластики. Переваги: стійкість до агресивного середовища, до високих температур (до 45°C), стійкість до механічних ударів і довговічність - до 50 років. Діаметри труб до 2400 мм, довжина до 12,5 м. Але вартість дуже велика. Чавунні напірні й безнапірні труби - з'єднання розтрубне, діаметр 50-400 мм. Недоліки: недостатній опір динамічним навантаженням, піддаються корозії, тому на чавунні труби обов'язково наносять антикорозійне покриття.

Сталеві напірні трубопроводи діаметром 100-600 мм. З'єднання здійснюється зварюванням, довжина до 24 м. Використовують при значному внутрішньому тиску, укладанні труб у сейсмічних районах по мостах, естакадах, для прокладки дюкерів, переходів під залізницями і автодорогами, тобто там, де потрібний великий опір динамічним навантаженням і стискальним зусиллям. Недоліки - піддаються корозії, що зменшує термін служби трубопроводів.

Забезпечення цілісності й стійкості трубопроводів вимагає влаштування основ під трубами. Конструкція основи залежить від несучої здатності ґрунту, глибини закладання, матеріалу і діаметра трубопроводу. Можуть застосовуватися природні й штучні основи.

Природною основою для труб можуть служити: середні й грубозернисті піски, супесі, дрібний і великий гравій, глини й важкі суглинки, а також скельні й близькі до них породи.

Штучна основа під труби потрібна при прокладанні в слабких сухих ґрунтах, водоносних ґрунтах із дрібного піску, глинистих ґрунтах, що

володіють великою неоднорідністю, водо насичених суглинках, болотистих і торф'яних ґрунтах.

Керамічні, азбестоцементні, бетонні й залізобетонні трубопроводи діаметром менше 350 мм у сухих піщаних і глинистих ґрунтах з нормальним опором, можуть прокладатися на природній основі. Під трубопроводи діаметром 350-600 мм природну основу варто профілювати за формою труби з кутом охоплення 90°. У глинистих ґрунтах укладання труб необхідно виконувати на подушку з піску.

Залізобетонні труби більших діаметрів рекомендується укладати на основу, виконану зі збірного залізобетону. У скельних ґрунтах труби укладаються на піщану подушку товщиною не менше 10 см.

Однією з найважливіших умов довговічності служби каналізаційних труб є запобігання їх від впливу ґрунтових і стічних вод, для чого застосовують спеціальний цемент й ізоляційні покриття.

Захисна ізоляція внутрішніх і зовнішніх поверхонь труб може бути жорсткою або пластичною. Найбільш надійною та довговічною є бітумна-гумова й полімерна липка стрічка, що навивається на поверхню труби.

Залежно від складу ґрунтових і стічних вод, труби укладають без ізоляції або вибирають той або інший тип ізоляції. Глибина закладання каналізаційних мереж. Глибину закладання каналізаційної мережі розраховують від поверхні ґрунту до лотка трубопроводу. Мінімальну глибину закладення трубопроводу визначають, виходячи з необхідності:

- виключення промерзання труб;
- виключення руйнування труб під дією зовнішніх навантажень;
- забезпечення приєднання до трубопроводу внутрішньо квартальних мереж і бічних гілок;
- перетинання з водопроводом.

Глибина закладання побутової каналізації повинна забезпечити прийом стічних вод у будь-якій точці об'єкта, який відводить стоки від прилягаючих кварталів, що приєднуються до даної ділянки мережі каналізаційних ліній, будинків суспільного призначення й промислових підприємств.

При проектуванні каналізаційних мереж необхідно враховувати присутність інших підземних мереж, особливо водопроводу. Каналізаційні мережі повинні проходити нижче водопровідних (для питного водопроводу на 0,4 м). У свою чергу водопровідні труби прокладають на глибині  $H^{\text{вод}}$ , що дорівнює (до низу труби):

$$H^{\text{вод}} = H_{\text{пром}} + 0,5. \quad (3.3)$$



де  $H_{\text{пром}}$  - глибина промерзання ґрунту, м.

Найбільшу глибину закладання труб при будівництві мереж відкритим способом із практичних міркувань приймають для сухих ґрунтів не більше 7-8 м, а для водо насичених - не більше 5-6 м.

Глибину закладання слід вибрати мінімальною. При цьому треба прагнути звести до мінімуму перетинання з інженерними об'єктами й комунікаціями, а також природними перешкодами.

Найменшу глибину закладання лотка каналізаційних труб приймають на підставі досвіду експлуатації каналізації в даному районі. При його відсутності глибина закладання лотка може бути прийнята для труб діаметром до 500 мм на 0,3м, а для труб більших діаметрів - 0,5м менше найбільшої глибини промерзання ґрунту в районі укладання, але не менш 0,7 м до верху труби.

Для внутрішньої квартальної мережі найменшу глибину закладання визначають за формулою

$$H = H_{\text{пром}} - (0,3 - 0,5) > (0,7 + d), \text{ м}, \quad (3.4)$$

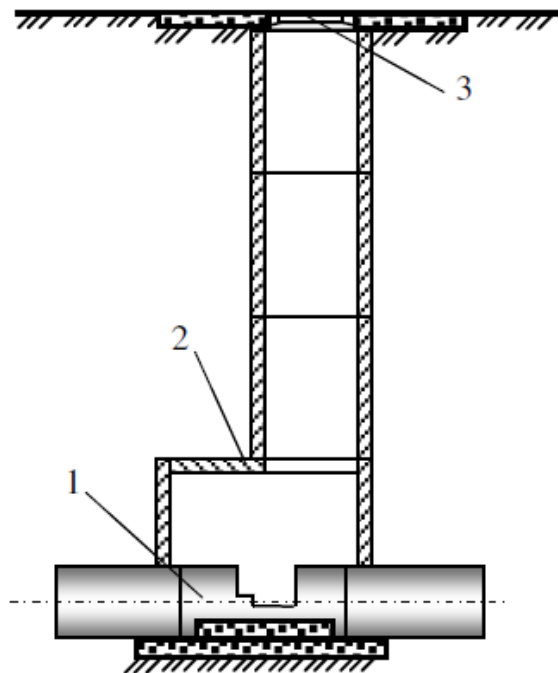
Проектування висотної схеми мереж водовідведення являє собою складання поздовжнього профілю мережі.

### **3.6 Безпека праці при експлуатації систем каналізації зовнішньої мережі**

Для спостереження за станом і роботою мережі, а також для регулювання потоку стічної води влаштовують оглядові колодязі: лінійні, поворотні (рис.3.2), з'єднувальні, контрольні і промивні.

Під час виконання робіт на мережах слід враховувати можливі специфічні небезпечні і шкідливі виробничі чинники:

- загазованість колодязів, камер, колекторів отруйними і пожежо-вибухонебезпечними газами, що може призвести до отруєння, вибуху або опіків працівників;
- небезпеку падіння предметів у колодязі (камери) під час спуску до них працівників, ударів під час відкриття і закриття кришок люків;
- падіння різних предметів у відкриті люки на тих, хто працює в колодязях;



1 - труба колектора; 2 – плита; 3 – люк з кришкою

Рисунок 3.2 – Схема поворотного колодязя

- небезпека дії потоків води на тих, хто працює у колодязях, камерах і колекторах;
- небезпеку наїзду транспортних засобів під час роботи на проїжджій частині вулиць;
- небезпеку обвалів ґрунту під час виконання земляних робіт;
- біологічну небезпеку під час контакту з стічною водою;
- підвищену вологість повітряного середовища під час роботи у колодязях і колекторах.

Бригади, які виконують роботи у колодязях, камерах і колекторах, повинні мати такі допоміжні і захисні засоби:

- запобіжні пояси з мотузкою, довжина яких повинна бути не менше, як на 2м більше глибини колодязя (камери);
- мати спецодяг і спецвзуття;
- захисні каски та жилети оранжевого кольору при роботі на проїжджій частині вулиць;
- газоаналізатор;

- ізолюючі протигази зі шлангом довжиною на 2 м більше глибини колодязя (камери), але загальна довжина шлангу не повинна перевищувати 12м (для роботи у каналізаційних колекторах слід застосовувати кисневі ізолюючі протигази, заміна кисневих ізолюючих протигазів на фільтруючі забороняється);
- шлангові протигази з механічними чи ручними повітродувками або ізолюючі для глибоких (більше 10м) підземних споруд;
- акумуляторні ліхтарі напругою 12 В;
- вентилятори у вибухонебезпечному виконанні;
- огорожі та переносні знаки безпеки;
- гачки або лопи для відкриття люків колодязів і камер;
- штанги-виделки для відкриття засувки у колодязях;
- штанги для перевірки міцності ходових скоб;
- переносні драбини.

Для *зовнішнього огляду* каналізаційної мережі робоча бригада повинна складатися із двох чоловік - бригадира й підсобного робітника (без опускання в колодязі). Бригада проходить по трасі мережі і оглядає всі колодязі, відкриваючи кришки їх люків. При зовнішньому огляді фіксуються несправності на мережах, визначають наявність геодезичних знаків, відмічають випадки попадання в мережу стічних вод, які містять кислоти, бензин, нафтопродукти, які не підлягають впуску в систему побутової каналізації.

Для *технічного огляду* каналізаційної мережі, пов'язаного зі спуском у колодязі, бригада повинна складатися із трьох чоловік. Огляд камер і спеціальних колодязів (наприклад, на дюкерах та ін.) повинен виконуватися бригадою із чотирьох чоловік. Профілактичне прочищення каналізаційної мережі здійснюється бригадою з п'яти і більше людей. Склад бригади залежить від діаметра трубопроводів і інтенсивності вуличного руху.

Під час виконання робіт, пов'язаних із опусканням у колодязі, камери і резервуари, обов'язки членів бригади розподіляються таким чином: один із членів бригади виконує роботи у колодязі, камері, резервуарі; другий за допомогою мотузки підстраховує працюючого у колодязі; третій - спостерігає за працюючим у колодязі, та надає допомогу у передачі йому потрібних інструментів і матеріалів. Забороняється відволікати увагу спостерігача для виконання інших робіт, доки працюючий у колодязі (камері) не вийде на поверхню .

Тривалість роботи у підземній споруді з протигазом без перерви дозволяється не більше 10 хв. У разі необхідності проведення робіт у колодязях

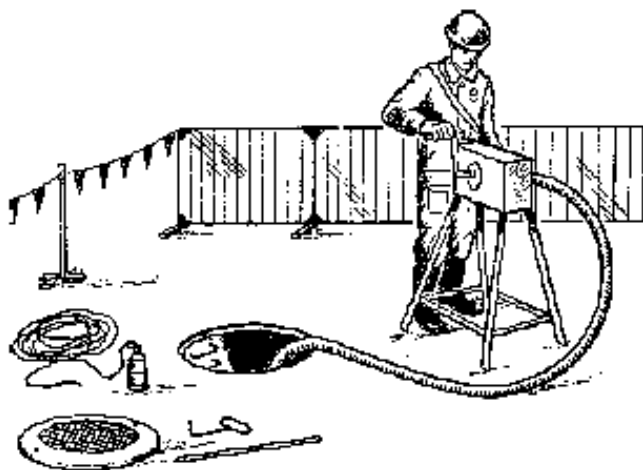
(камерах) більше двох осіб перекриття підземних споруд повинні демонтуватись (тимчасово зніматися).

Перед початком виконання робіт у колодязях, камерах і колекторах бригада зобов'язана:

- під час проведення робіт на проїжджій частині вулиць огородити місце виконання робіт згідно схеми огороження місця виконання робіт; передбачити постійний приплив повітря у підземну споруду, а при виявленні газу у колодязі або камері слід вжити заходів для його видалення шляхом природного або примусового провітрювання;

- перевірити наявність і міцність скоб або драбин перед опусканням у колодязь(камеру).

Під час виявлення газу у колодязі або камері слід вжити заходів для його вилучення шляхом природного або примусового провітрювання (рис. 3.3). Водопровідний колодязь може бути звільнений від газу шляхом заповнення його водою із пожежного гідранта. Забороняється вилучення газу випалюванням.



*Рисунок 3.3 - Вентилювання колодязя*

Перед спуском у колодязь (камеру) варто перевірити наявність та цілісність ходових скоб і надійність їхнього кріплення. При необхідності застосовують дерев'яні або алюмінієві драбини. Використовувати драбини та інструмент із чорного металу забороняється тому, що при роботі в загазованому середовищі при ударах об стінку колодязя або арматуру і труби можливе утворення іскри,що може призвести до вибуху навколишнього газоповітряного

середовища. При нагальній необхідності виконання аварійно-відновлюваних робіт у випадку відсутності інструмента, що не утворює іскор, дозволяється застосовувати звичайний інструмент, змащений солідолом.

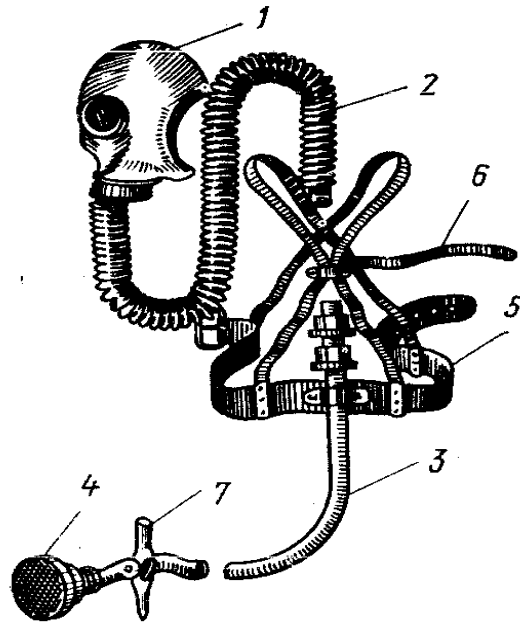
У загазованих колодязях забороняється працювати у взутті, підбитому сталевими цвяхами або підківками. На таке взуття треба взувати калоші. Опуститися в загазований колодезь можна, тільки одягнувши захисний пояс та ізолюючий протигаз із відкидним шлангом (ПТТТ-1), що виходить на поверхню землі вбік від люка з підвітряної сторони (рис. 3.4).



*Рисунок 3.4 - Спуск у загазований колодезь*

При веденні аварійно-відновлюваних робіт у колодязях забороняється використовувати фільтруючі протигази, тому що в повітрі може бути менше кисню, ніж потрібно для нормального дихання. На практиці використовуються шлангові протигази ПТТТ-1 (рис. 3.5), або протигази з механічним нагнітанням повітря ПШ-2. Забороняється також курити, запалювати сірники, проводити роботи, пов'язані з утворенням іскор, а також використовувати відкритий вогонь в робочій зоні над колодезем.

Роботи у прохідному каналізаційному колекторі можна проводити тільки після попередньої підготовки, що гарантує цілковиту безпеку робіт. Для цього за 6 - 8 год. до початку роботи канал звільняють від стічної води, відкривають люки оглядових колодязів для провітрювання каналу, встановлюють у колодязях решітки, організують пости чергування.



*1 – шолом-маска; 2 - з'єднувальні м'які гофровані трубки; 3 - гофрований шланг; 4 – фільтруюча коробка; 5 – пояс із наплічними лямками; 6 – страхувальна (сигнальна) мотузка; 7 - кріпильний стержень*

*Рисунок 3.5 - Комплект шлангового протигазу ППШ-1*

Роботи у прохідному каналізаційному колекторі здійснюються бригадою у кількості не менше 7-ми чоловік. Бригада ділиться на дві групи. Перша група у складі не менше 3 чоловік виконує роботи у колекторі, друга - перебуває на поверхні і забезпечує страхування та надання допомоги групі, яка перебуває у колекторі.

Роботи у камерах здійснюються бригадою у кількості не менше 4-х чоловік. Керівництво роботами груп повинне здійснюватись інженерно - технічними працівниками. Між групами має бути забезпечений постійний радіотелефонний зв'язок.

Профілактичне очищення каналізаційної мережі проводить бригада в складі бригадира та 3-5 робітників залежно від діаметру трубопроводів, інтенсивності руху транспорту і застосовуваних засобах безпеки і пристосувань. Періодичність, очищення мереж визначається річним планом, складеним із врахуванням розмірів, режиму роботи і технічного стану трубопроводів. Очищення мереж може здійснюватися саморухомим снарядами за рахунок підпору води (гідромеханічний спосіб), примусовим протягуванням снарядів (механічний спосіб) і струменями води, що подається

під високим тиском (гідродинамічний спосіб). При гідромеханічному й механічному способах прочищення мереж використовують лебідки.

При застосуванні гідродинамічного способу прочищення перевіряють стан шлангів високого тиску. Ділянки з механічними пошкодженнями видаляють, а з'єднання виконують за допомогою спеціальних штуцерів. Тиск води, що подається в шланги, підвищують плавно, при поступовому збільшенні частоти обертання двигуна. Працювати при тиску, що перевищує встановлені для даного типу обладнання норми, не дозволяється.

Закупорки забрудненнями в мережах усуває аварійна бригада, яка складається з 4 -х працівників. Бригада забезпечується сталістим дротом, гнучким валом огороженнями і попереджувальними знаками. При прочищенні закупорок, на ділянках мережі з більшим підпором для запобігання швидкого заповнення колодязя, у якому перебувають робітники, необхідно встановити корок у вище розміщеному колодязі.

Під час застосування спеціальних машин для прочищення каналізаційних мереж слід виконувати вимоги інструкції по експлуатації цих машин, а також «Правила охорони праці на автомобільному транспорті» (ДНАОП 0.00-1.28.97).

Виконання земляних робіт у котлованах і траншеях з ухилами, які піддавались зволоженню, дозволяється тільки після ретельного огляду керівником робіт стану ґрунту ухилів і завалів нестійкого ґрунту у місцях, де виявлені «козирки» або тріщини (відшарування). Глибина траншей і котлованів з вертикальними стінками без кріплень повинна відповідати вимогам «Техника безпеки в строительстве».

### **3.7 Каналізаційні насосні станції**

Міські каналізаційні насосні станції будують у тих випадках, коли рельєф місцевості не дозволяє відводити побутові, виробничі стічні води та атмосферні води самопливом до місця їх очищення.

За характером рідини, що перекачується, міські каналізаційні насосні станції поділяються на три групи: для перекачування побутових стічних вод; виробничих стічних вод; атмосферних вод.

Насосні станції першої групи розташовуються на каналізаційній мережі. Залежно від місця розташування в загальній схемі каналізації міста та призначення станції можуть бути:

- районними, які перекачують стічні води від окремих районів території каналізування з нижче укладених колекторів у вище укладені;

- головними, які перекачують стічну рідину, яка відводиться із усієї території каналізування, на очисні споруди

До насосних станцій другої групи пред'являється цілий ряд специфічних вимог залежно від властивостей стічної рідини, що перекачується. Наприклад, агресивність стічної рідини по відношенню до бетону, чавуну, сталі вимагає захисту резервуарів від руйнування, застосування спеціальних насосів та пристроїв для періодичного промивання установок чистою водою.

Станції третьої групи влаштовують на мережі дощової каналізації в тих випадках, коли не можна відвести атмосферні води самопливом до місця скидання.

Наявність перерахованих насосних станцій залежить від рельєфу площадки та пропускну здатності станцій очищення стічних вод.

Технологічний процес перекачування стічної рідини складається з двох послідовних операцій: звільнення стічної рідини від грубих нечистот, що знаходяться в ній, і які можуть викликати засмічення насосів, та перекачування. Отже, технологічний процес вимагає будівництва двох приміщень: приміщення з приймальним резервуаром і решітками та приміщення з насосами (машинним залом).

Каналізаційні насосні станції класифікують:

- за розташуванням приймального резервуара та приміщення решіток щодо машинного залу - станції з роздільним розташуванням резервуара (рис. 3.9 а) і суміщеного типу (рис. 3.9 б, в);

- за розташуванням насосних агрегатів щодо поверхні землі - станції незаглиблені (до 4 м), напівзаглиблені (до 7 м) і шахтного типу (понад 8 м) (рис. 3.9 г);

- залежно від типів встановлених насосних агрегатів - станція з горизонтальними, вертикальними або осьовими насосами;

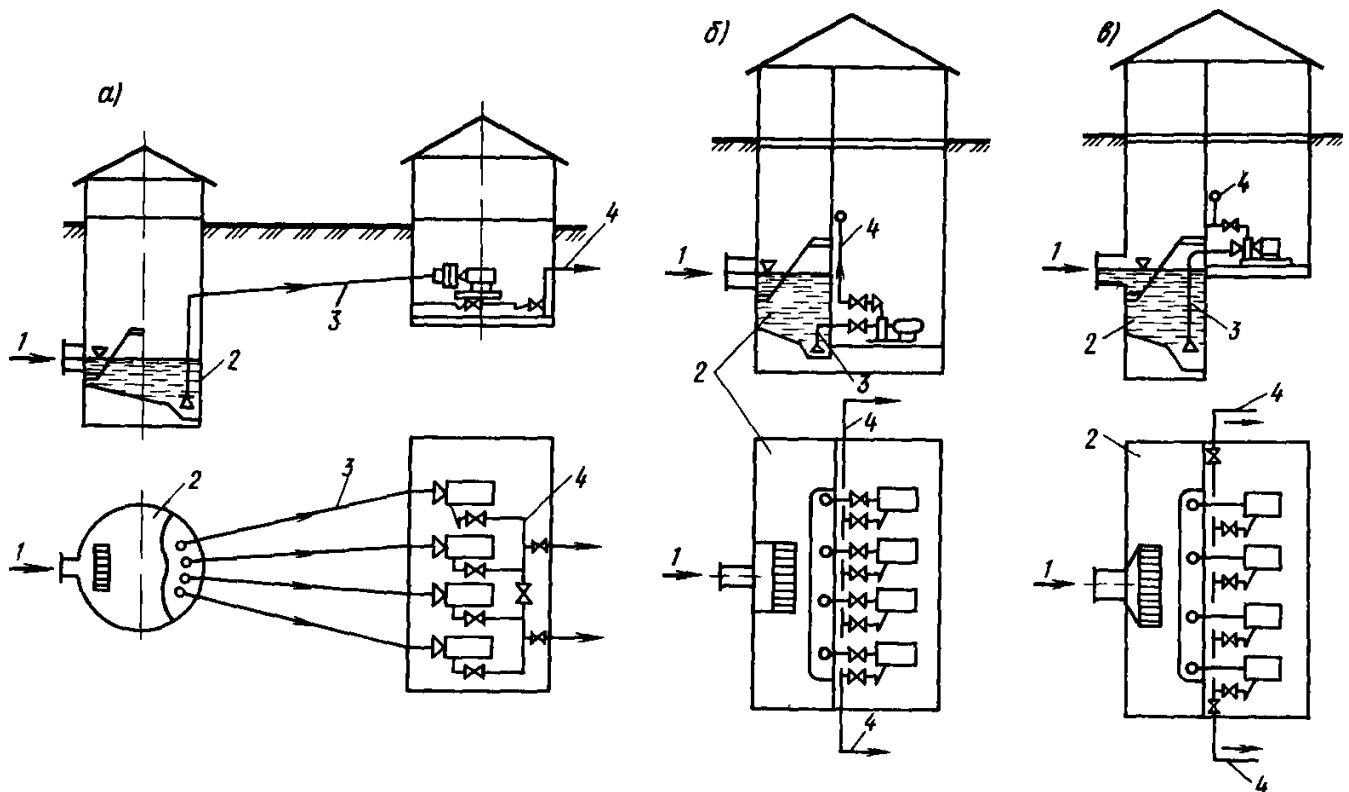
- за системою керування агрегатами - станції з ручним керуванням, напівавтоматизовані, автоматизовані з місцевим диспетчерським пунктом та автоматизовані з телекеруванням (керування насосними агрегатами здійснюється за допомогою засобів телемеханіки).

Місце розташування та число насосних станцій у загальній схемі каналізаційної мережі вибирають із урахуванням планувальних, санітарних, гідрологічних і топографічних умов місцевості на підставі техніко-економічного порівняння всіх варіантів.

За гідрогеологічними умовами місце розташування насосної станції повинно бути найбільш сприятливим для проведення будівельних робіт (щільні



грунти, низький рівень підземних вод тощо). Однак практично виконати цю вимогу важко.



*а - роздільна; б - суміщеного типу; в - суміщеного типу на скельних ґрунтах; 1 - підвідний колектор; 2 - прийомний резервуар; 3 - всмоктувальні трубопроводи; 4 – напірні трубопроводи*

*Рисунок 3.9 - Схеми каналізаційних насосних станцій*

Найбільше доцільно каналізаційні насосні станції розміщати на вільних територіях поблизу промислових підприємств (крім харчових), складських приміщень або на зелених масивах. На забудованій території міста станції варто розташовувати в глибині кварталу та влаштовувати аварійні випуски в зливову мережу.

За санітарними умовах насосні станції розташовують в окремих будівлях на відстані не менш 15-30 м від житлових і громадських будинків. По периметру території насосних станцій необхідно влаштовувати захисну зелену зону. При розміщенні насосної станції біля житлових будинків варто враховувати поверховість забудови, розу вітрів і продуктивність станції. У зоні затоплення паводковими водами насосні станції необхідно розташовувати так,

щоб позначка порога входу була не менш чим на 0,5 м вище розрахункового максимального горизонту паводкових вод.

Вибір місця розташування каналізаційної насосної станції необхідно погоджувати з місцевими органами самоврядування, органами санітарного-епідеміологічного та екологічного нагляду тощо.

Насосні станції рекомендується розташовувати так, щоб вони розміщалися на перетинанні мінімум двох зустрічних самопливних колекторів однакового закладання. Цей прийом значно здешевлює вартість будівництва як колекторів, так і насосних станцій, але трохи збільшує довжину напірного трубопроводу.

Оскільки каналізаційні насосні станції, як правило, споруджують у найнижчих точках території об'єкта каналізування, поблизу водойм, іноді на заболочених заплавах рік, тобто на ділянках, для яких характерно високе стояння ґрунтових вод, наявність пливунів і слабких ґрунтів, тому їх доцільно будувати опускним способом: найбільш зручна форма будівлі - залізобетонний стакан. Переваги опускного способу будівництва насосних станцій ще більш зростають при застосуванні тиксотропної сорочки, яка складається із глинистого розчину, який нагнітається в простір між ґрунтом та стінкою опускного колодязя. Застосування тиксотропної сорочки дозволяє зменшити товщину монолітних або збірних стін опускного колодязя.

Незаглиблені будівлі насосних станцій влаштовують звичайно прямокутної форми, що дозволяє зручніше розташувати насосні агрегати та сприяє кращому компонуванню виробничо-допоміжних і побутових приміщень. Крім того, прямокутна форма будинку дозволяє використовувати при будівництві станції типові будівельні конструкції.

Тому навіть для станцій, що мають підземну частину круглої форми, наземну частину, як правило, виконують прямокутної форми.

Роздільна схема насосної станції найбільш сприятлива в санітарному відношенні, тому що прийомний резервуар і приміщення решіток повністю ізольовані від машинного залу та виробничо-допоміжних приміщень, де постійно перебуває обслуговуючий персонал. До недоліків цієї схеми можна віднести збільшення експлуатаційних витрат і будівельної вартості, більшу довжину усмоктувальних труб і, отже, ускладнення експлуатації. Тому така схема застосовується порівняно рідко.

На автоматизованих насосних станціях рекомендується встановлювати насоси під залив, тому що це значно спрощує схему автоматизації керування насосними агрегатами.

Схему насосної станції, наведену на рис. 3.9 в, рекомендується

застосовувати при будівництві в скельних ґрунтах. Для зменшення заглиблення резервуара решітки розташовують в окремому приміщенні. Прийомний резервуар виконують у вигляді каналу для розміщення всмоктувальних труб. У слабких ґрунтах цю схему застосувати не можна, тому що розташування плит підлоги машинного залу на порушеному ґрунті може привести до нерівномірного осідання, появи тріщин і порушення гідроізоляції.

Застосовуються також інші схеми: наприклад, для великих шахтних станцій можна застосувати схему з розташуванням машинного залу в середині приймального резервуару. Установка насосних агрегатів по концентричній кривій дозволяє збільшити число встановлених насосів при тому ж діаметрі шахти насосної станції.

При проектуванні та будівництві насосних станцій варто звертати особливу увагу на гідроізоляцію підземної частини, яка повинна бути водонепроникною. Гідроізоляцію виконують відповідно до вказівок з проектування та влаштування гідроізоляції підземних частин промислових і цивільних будівель та споруд. Стіни будівель повинні бути покриті гідроізоляцією, не менш чим на 0,5 м вище рівня підземних вод. На правильно спроектованій і побудованій насосній станції не повинно бути підтікань води в колодязь та витікань із нього.

На каналізаційні насосні станції поширюються вимоги безпеки щодо експлуатації водопровідних насосних станцій з урахуванням ряду специфічних вимог.

В процесі бродіння стічної води у каналізаційних трубах можуть утворюватись вибухо- і пожежонебезпечні гази (метан, сірководень тощо). Ці гази можуть проникати у машинну залу насосних станцій і створювати серйозну небезпеку для обслуговуючого персоналу. Тому електродвигуни на насосах і пускові пристрої повинні бути у вибухонебезпечному виконанні.

Користуватися відкритим вогнем і палити в приміщеннях резервуарів, насосних станцій і решіток категорично забороняється. Проводити ремонтні роботи в цих приміщеннях дозволяється тільки після ретельного провітрювання із застосуванням механічної вентиляції (при відкритих вікнах і дверях) і з перевіркою складу повітря на відсутність вибухонебезпечних газів. Для контролю за станом повітря в цих приміщеннях слід використовувати лампи або газоаналізатори. У працівників насосних станцій повинні бути протигазы, що зберігаються біля входу в приміщення решіток.

В приміщеннях решіток і приймального резервуара насосних станцій водовідведення вентиляція повинна забезпечувати не менше ніж 12-кратний обмін повітря в 1 годину. Подачу свіжого повітря передбачають у верхню зону

приміщення. За наявності на підвідному колекторі приймальної камери повинна бути забезпечена її вентиляція з 5-кратним обміном повітря.

У вентиляційних системах потрібно передбачити резервні витяжні вентилятори, що включаються автоматично у випадку виходу з ладу робочих вентиляторів. Вентиляційні коробки для машинного відділення і резервуару потрібно влаштовувати окремими, без з'єднання один з одним. Пристрої для включення вентиляції, освітлення та іншого електричного устаткування повинні розміщуватися перед входом у приміщення решіток і мати вибухобезпечне виконання. Не дозволяється в приміщенні решіток розташовувати комутаційну апаратуру, а введення і труби для електропроводки повинні мати роздільне ущільнення.

Навкруги решіток з механізованими граблями і решіток-дробарок потрібно влаштувати прохід шириною не менше 1,2 м, перед фронтом решіток з механізованими граблями - прохід висотою не менше 1,5 м. Перед решітками, що очищаються вручну, повинен бути вільний майданчик шириною не менше 0,8 м, огороження від резервуару поручнями заввишки 1 м і із суцільним зашиванням донизу на висоту 0,1 м, але із зазором 0,05 м для змиву бруду з підлоги. Для обслуговування глибоко розташованих решіток (в каналах, колодязях) слід влаштовувати робочий майданчик з огорожами на висоті 1 м від поверхні води. Не дозволяється для пристрою поручнів використовувати дерево. У завантажувальних отворах дробарок повинні бути запобіжні пристрої, що виключають викидання покидьків, металевих предметів, каміння і ін.

На насосних станціях системи водовідведення передбачають сушарки для сушки спецодягу обслуговуючого персоналу. В приміщеннях насосних станцій повинні бути аптечки першої долікарської допомоги і дезинфікуючі розчини.

Водопровідну воду до насосного устаткування (для ущільнення і охолодження сальників, промивки кілець ущільнювачів, подачі в дробарки та ін.) не можна підводити з розривом струменя.

Перед входом в приміщення автоматизованих насосних станцій, приміщення решіток і приймальних резервуарів необхідно не менше ніж на 10 хвилин включити вентиляцію для провітрювання приміщень. Система вентиляції повинна працювати безперервно в період знаходження в приміщеннях обслуговуючого персоналу.

При роботах пов'язаних із спуском в резервуар насосних станції і приймальну камеру, слід дотримуватись вимог безпеки, як і при роботах в каналізаційних колодязях.

Підлоги приміщень решіток слід щодня мити чистою водою. При

ручному очищенні решіток покидьки необхідно збирати в контейнер і вивозити не рідше одного разу за добу. З майданчика решіток контейнер з покидьками слід піднімати блоком, лебідкою або іншими пристроями. Зберігати покидьки ззовні станції в закритому контейнері або сміттєзбірнику допускається не більше доби. Влітку для знезараження покидьків застосовують хлорне вапно або інші дезинфікуючі реагенти.

При очищенні решіток вручну необхідно використовувати граблі. Знімати покидьки з грабелів руками забороняється. Механічні граблі можна очищати від ганчірок тільки після їх зупинки. Роботу слід проводити в захисних рукавичках.

Обслуговування агрегатів і устаткування з елементами, що обертаються, повинне проводитися робочими, одягненими у спецодяг (костюми) без звисаючих кінців; жінки зобов'язані працювати в комбінезонах або брюках; волосся слід прибирати під головний убір. Спецодяг обслуговуючого персоналу, що контактує із стічною рідиною або покидьками, стирають і дезинфікують не рідше одного разу на тиждень.

Обслуговуючий персонал насосних станцій зобов'язаний суворо дотримуватись правил особистої гігієни: ретельно мити руки перед їжею, не входити в спецодязі у місця загального користування, не приносити її в житлові приміщення, обов'язково приймати після роботи душ.

### **Питання для самоконтролю**

1. Яке обладнання і споруди використовують на мережах водовідведення?
2. Назвіть основні елементи каналізаційних мереж
3. Визначте класифікацію систем водовідведення міст
4. Які заходи безпеки враховують при влаштуванні мереж водовідведення?
5. Наведіть схеми трасування каналізаційних мереж
6. Визначить принципи проектування каналізаційних мереж
7. Від чого залежить витрати стічних вод?
8. Як проводиться вибір матеріалу труб і способу їх з'єднання?
9. Наведіть особливості використання пластмасових труб
10. Від чого залежить глибина закладання трубопроводів?
11. Визначте шкідливі і небезпечні чинники при експлуатації мереж водовідведення.
12. Назвіть і поясніть заходи безпеки при роботі в каналізаційних колодязях
13. Що викладається в наряді –допуску для забезпечення безпеки при виконанні ремонтних робіт?
14. Поясніть устрій і призначення насосних станцій.
15. Назвіть міри захисту від ймовірних аварій.

## РОЗДІЛ 4. ІНЖЕНЕРНІ СИСТЕМИ І СПОРУДИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

### 4.1 Загальні принципи трасування і розміщення мереж в містах і кварталах

Теплові мережі призначені для транспортування тепла споживачам з метою забезпечення комунально-побутових і технологічних потреб. Розрізняють районне і централізоване теплопостачання.

Комплекс споруд і пристроїв, які служать для вироблення тепла, його транспортування та споживання, називається централізованим теплопостачанням.

Централізоване теплопостачання населених місць теплом передбачає потреби опалення, вентиляції, гарячого водопостачання, а також потреби промислового виробництва.

Система централізованого теплопостачання включає джерело тепла, теплову мережу, теплові пункти, споруди і промислові установки.

У великих містах джерелом теплопостачання є теплоенергоцентралі (ТЕЦ), на яких виробляється електрична енергія, а відпрацьована пара використовується для потреб теплопостачання.

Розрізняють дві системи централізованого теплопостачання - теплофікацію і районне теплопостачання. Теплофікація передбачає одержання тепла від теплових електричних станцій (ТЕС). При районному теплопостачанні джерелом тепла служать великі котельні.

Трасування теплових мереж на генеральному плані об'єкта залежать від розташування ТЕЦ, радіуса дії мережі, рельєфу місцевості, гідрогеологічних умов, характеру планування міських кварталів і т.п.

За конфігурацією теплові мережі населених місць розділяють на променеві і кільцеві. Променеві мережі прості, економічні при будівництві й зручні в експлуатації. Основним їх недоліком є небезпека припинення подачі тепла абонентам при аварії на мережі. Кільцеві мережі більш надійно забезпечують споживачів теплом, але при цьому строки ліквідації аварій подовжуються, тому що в цьому випадку складніше визначити місце аварії й зробити необхідні перемикання засувки.

Найважливішим завданням проектування теплових мереж є вибір траси теплопроводів. При виборі траси тепломережі необхідно прагнути до забезпечення її надійної й безперебійної роботи й найменшої довжини. При

трасуванні необхідно враховувати також розташування інших підземних споруд, наявність удосконалених дорожніх покриттів і різних елементів міського благоустрою.

Траса тепломережі повинна бути прямолінійна і йти паралельно осі проїздів або ліній забудови кварталів.

#### **4.2 Особливості прокладки теплових мереж**

Основним завданням теплових мереж є безперебійне постачання споживачів теплоносієм зі встановленими параметрами при мінімальних втратах.

Джерелами теплопостачання даної групи будівель є районна котельня.

Теплопостачання окремих будівель здійснюється від ЦТП.

Як теплоносієм використовується гаряча вода з параметрами 130-70° С. Глибина заставляння тепломережі приймається 1,5-2,0 м

Компенсація теплових подовжень сприймається ділянками поворотів теплотраси і «П» - образними компенсаторами.

Усі будівлі підключаються до тепломереж з пристроєм індивідуальних теплових пунктів (ІТП) в технічних підпіллях.

Тепловий пункт - це комплекс інженерного устаткування, що зв'язує тепломережу із споживачами теплоти, призначений для прийому, підготовки, розподілу, регулювання, виміру теплоносія, а також контролю і управління за роботою тепломережі і місцевих систем тепло споживання.

При роздільному методі прокладення в місцях розгалуження мереж встановлюються теплові камери, які призначені для розміщення замкової, регулюючої, запобіжної та іншої арматури.

Відстань від трубопроводів тепломереж до дерев і кущів приймається не менше 2 м і 1 м відповідно.

Антикорозійна ізоляція трубопроводів тепломережі може бути виконана органічно силікатним покриттям.

Теплоізоляція трубопроводів тепломережі може бути виконана шнурами з мінеральної вати в обплетенні із скляної нитки завтовшки 40 мм для діаметрів труб Ду < 70 мм; з матів мінераловатних прошивних з покривним матеріалом із склотканини (ГОСТ 21880-86, марка 100, товщина 80 мм) для діаметрів труб Ду < 300 мм.

Передбачений захист теплотраси від підтоплення. Для захисту теплопроводів тепломережі від корозії, викликані блукаючими струмами, передбачена електроізоляція ковзаючих і нерухомих опор.

Введення тепломереж в будівлі герметизовано з метою недопущення проникнення через негерметичні з'єднання вологи і газу в технічні підпілля будівлі. Герметизація введень здійснюється за відповідним БНіП.

Дренаж тепломереж здійснюється з найбільш низьких точок теплотраси у відстійних колодязях з наступним відкачуванням води пересувними насосами.

Теплові мережі прокладають або над поверхнею землі (надземні мережі), або в землі (підземні мережі). З огляду на необхідність забезпечення нормального наземного руху, з архітектурних міркувань, у містах теплові мережі прокладають під землею. Споруджують також і повітряні лінії. Траси повітряних ліній вибирають так, щоб опори і труби не порушували руху автотранспорту й по можливості гармонізували із навколишньою забудовою.

При будівництві тепломережі, так само як і інших підземних споруд, слід враховувати гідрогеологічні умови місцевості. Відстань від траси теплових мереж до інших споруд і паралельно прокладених комунікацій повинна забезпечувати цілісність цих споруд і комунікацій.

Підземні прокладки теплових мереж ведуть:

- безканальним способом;
- у напівпрохідних каналах;
- у прохідних каналах.

Теплові мережі повинні мати надійну тепло- і гідроізоляцію. Існує кілька видів теплової ізоляції: обгорткова, сегментна, набивна й ізоляція мастикою.

При безканальній прокладці теплових мереж теплова ізоляція безпосередньо стикається із ґрунтом. Тому вона повинна бути міцною і водонепроникною.

Безканальна прокладка на 25-35% зменшує вартість мереж у порівнянні з вартістю мереж, прокладених у непрохідних каналах. Досвід експлуатації мереж при безканальній прокладці свідчить і про їх довговічність.

Конструкції ізоляції теплових мереж у цьому випадку можуть бути набивними, литими, збірно-литими й збірно-блочними.

При прокладанні теплових мереж у каналах конструкції останніх можуть бути непрохідні, прохідні й напівпровідні (тунелі).

Непрохідні канали бувають прямокутними, циліндричними та із залізобетонними зводами. Непрохідні канали зі збірними зводами застосовуються для прокладання теплових мереж діаметром до 350-400 мм.



Напівпровідні канали застосовуються для прокладки теплових мереж у межах міських проїздів з удосконаленими покриттями. У таких каналах можна без розкриття вдосконаленого покриття не тільки робити експлуатаційні роботи (огляд і дрібний ремонт теплопроводів), але й частково замінити ушкоджені труби.

Прокладку в прохідних каналах застосовують головним чином на територіях промислових підприємств і на виходах теплопроводів від потужних теплоелектроцентралей. Прохідні канали дуже зручні в експлуатації, тому що забезпечують постійний доступ обслуговуючого персоналу до теплопроводів і зручність проведення ремонтних робіт, однак вони мають більші габарити та високу будівельну вартість.

У міських умовах прохідні канали можуть використовуватися не тільки для прокладки теплових мереж, але й одночасно для прокладки інших підземних комунікацій - водопроводу, кабелів різного призначення і т.п.

Конструкція прохідних каналів (тунелів) залежить від прийнятого способу виробництва робіт. При закритому способі виробництва робіт тунелі круглого перетину споруджують, як правило, методом щитової проходки. Роботи ведуться без розкриття вулиць, що в умовах великих міст має незаперечні переваги. Для влаштування теплопроводів застосовують, як правило, безшовні сталеві гарячекатані труби діаметром 50-350 мм. Теплопроводи діаметром більше 400 мм прокладають із сталевих електрозварних труб з поздовжнім швом.

### **4.3 Захисне обладнання на трубопроводах теплових мереж**

Для компенсації теплових подовжень використовують повороти і вигини трубопроводів, за їх відсутністю встановлюють компенсатори (сальникові або гнуті).

На теплових мережах встановлюють запірну і регулюючу арматуру: на трубопроводах невеликих діаметрів - вентилі, а на трубопроводах більших діаметрів - засувки.

Компенсатори та різну запірно-регулювальну арматуру розміщують у камерах, які встановлюються на теплопроводах. У камерах розміщують також і відгалуження до окремих об'єктів.

При перетинанні теплових мереж з водними перешкодами, залізничними коліями, ярами і підземними спорудами улаштовують підводні переходи типу

дюкерів і тунелів, мостові переходи та естакади, підземні переходи мереж у футлярах і тунелях.

### **Питання для самоконтролю**

1. Назвіть загальні принципи розміщення відповідних мереж в містах і кварталах
2. Яке основне завдання теплових мереж?
3. Визначте принципи захисту трубопроводів корозії
4. Як проводиться прокладка підземних теплових мереж?
5. Вкажіть заходи і засоби компенсації теплових розширень трубопроводів
6. Поясніть принципи прокладки теплопроводів в прохідних каналах на території промислових підприємств
7. Наведіть устрій напівпровідних каналів теплопостачання
8. Яка запірна-регулювальна арматура використовується в системі теплопостачання?
9. Як проводиться захист теплотраси від підтоплення?
10. Поясніть призначення і устрій дренажу тепломереж
11. Що таке безканальний спосіб прокладки теплових мереж?
12. Які вимоги безпеки треба виконувати при аваріях ємностей із хлором?
13. Приведіть правила першої допомоги у разі отруєння хлором
14. Які правила безпеки необхідно виконувати при знезараженні води і у бактеріологічних лабораторіях?

## РОЗДІЛ 5. СИСТЕМИ ГАЗОПОСТАЧАННЯ МІСТ І ПІДПРИЄМСТВ

### 5.1 Вибір і обґрунтування газової системи

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.

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, газо регуляторні пункти ГРП, відгалуження і вводи на об'єкти, які використовують газ, а також внутрішні газопроводи і прилади споживання газу.

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 від 0,6 до 1,2 МПа;
  - II категорії з тиском газу від 0,3 до 0,6 МПа.

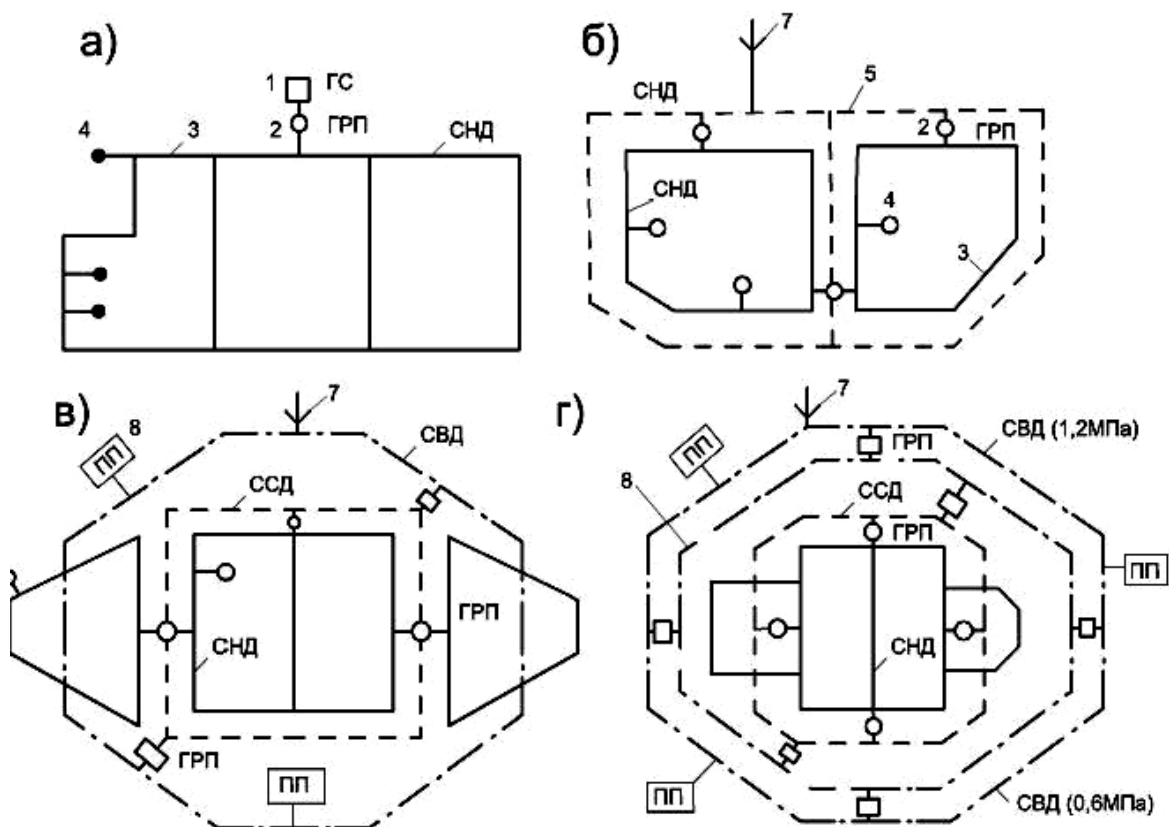
Газопроводи низького тиску призначаються для постачання газом житлових і громадських будівель, а також дрібних промислових і комунально-побутових підприємств.

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-, дві-, 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.



а) - одноступінчаста; б) - двоступінчаста; в) - тріступінчаста;

г) - багатоступінчаста;

1 - групова установка газу зрідженого (ГС); 2 - газорегуляторний пункт (ГРП);

3, 5, 6 - відповідно трубопроводи низького (СНД), середнього (ССД) і високого (СВД) тиску; 4 - відхилення до споживачів; 7 - газорозподільна станція;

8 - промислове підприємство (ПП)

Рисунок 5.1 - Системи газопостачання населених місць

Провести сувору 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) внутрішньо домові газопроводи, що транспортують газ всередині будівлі й розподіляють його по окремих приладах.

## 5.2 Розрахунки 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:

$$Q_{pii} = m \frac{n_1 + n_2}{Q^p_n}, \text{ м}^3 / \text{рік} \quad (5.1)$$

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  $n_2=0$ );

$Q^p_n$  – калорійність газового палива, ккал/м<sup>3</sup>.

Годинні витрати газу для всіх видів споживачів визначають залежно від річних витрат газу і коефіцієнта годинного максимуму  $K_m$  за формулою:

$$Q_{год} = Q_{рік} \times K_m, \text{ м}^3/\text{год.} \quad (6.2)$$

Таблиця 5.1 - Норми споживання газу

	<b>Споживачі газу</b>	<b>Показник споживання газу</b>	<b>Норма витрати теплоти, ккал / рік</b>
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	$640 \times 10^3$
		на одну людину за рік	$1270 \times 10^3$
		на 1 т сухої білизни	$2100 \times 10^3$
2	Комунально-побутові підприємства - механізовані пральні; - лазні: миття без ванн; миття з ваннами.	на 1 т сухої білизни	$4800 \times 10^3$
		1 відвідування	9000
		1 відвідування	12000
3	Заклади охорони здоров'я - лікарня : - приготування їжі; - приготування гарячої води (без прасування).	На 1 ліжко	$760 \times 10^3$
			$2220 \times 10^3$
4	Заклади громадського харчування: - приготування обіду; - приготування сніданку чи вечері.	1 обід	1000
		1 сніданок чи вечеря	500
5	Хлібозавод: - випікання хліба; - випікання булок; - кондвироби.	на 1 т виробів	$420 \times 10^3$
		на 1 т виробів	$950 \times 10^3$
		на 1 т виробів	$1450 \times 10^3$

Для житлових мікрорайонів  $K_m$  обирають залежно від кількості жителів у мікрорайоні за табл. 5.3.

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

При проектуванні газопостачання населеного пункту, як правило, витрати газу обчислюють відповідно до діючих нормативів газоспоживання [8], а при реконструкції існуючих систем – на підставі характеристик встановленого газового обладнання.

**Витрати газу на комунально-побутові і теплофікаційні потреби населеного пункту залежать від кількості мешканців. Якщо їх кількість не задана, то число жителів визначають окремо для кожного з районів населеного пункту в залежності від характеристики забудови і ступеня благоустрою житла.**

Витрати газу на комунально-побутові і теплофікаційні потреби населеного пункту залежать від кількості жителів. Кількість населення  $N$ , чол. , може бути визначена по даним статистичного обліку. Але якщо їх кількість не відома, то її визначають окремо для кожного з районів населеного пункту згідно формули

$$N = F_{\text{ж}} / f, \quad (5.3)$$

де  $F_{\text{ж}}$  - загальна площа житлових будинків у районі, м<sup>2</sup>;

$f$  - норма забезпеченості загальною площею, м<sup>2</sup>/чол. (для існуючої забудови, а також малоповерхової забудови  $f = 18$  м<sup>2</sup>/чол, для багатоповерхової  $f = 15$  м<sup>2</sup>/чол; для перспективної  $f = 21$  м<sup>2</sup>/чол.) [3].

Загальну площу житлових будинків у районі визначаю за формулою

$$F_{\text{ж}} = F_{\text{з}} \cdot B \cdot 10^3, \quad (5.4)$$

де  $F_{\text{з}}$  - площа забудови у районі, га (визначається за генпланом);

$B$  - густина житлового фонду, м<sup>2</sup>/га (залежить від поверховості житлових будинків відповідно до дод. 2 [6]).

Для районів змішаної забудови густина житлового фонду знаходиться усереднено пропорційно частці будинків даної поверховості в загальній їх кількості в районі.

Річні витрати газу населенням в квартирах для приготування їжі та гарячої води  $Q_p$ , м<sup>3</sup>/рік визначається за формулою

$$Q_p = \sum N_i \cdot y_i \cdot \frac{q_{n,i}}{Q_n}, \quad (5.5)$$

де  $N_i$  - кількість населення з відповідних ступенем благоустрою, люд;

$y_i$  - ступінь охоплення газопостачанням даного району, (вказується у завданні на проектування, за його відсутності приймати в межах 0,9...1);

$q_{n,i}$  - норма витрати тепла населенням, мДж/люд.рік [8, табл.2];

$Q_n$  - нижча теплота згорання палива( за відсутності даних про хімічний склад палива необхідно приймати 34 мДж/м<sup>3</sup>).

### 5.2.1 Річні витрати газу комунальними та громадськими підприємствами

Для пралень формула річних витрат газу, м<sup>3</sup>/рік:



$$Q_p = \frac{100 \cdot z_n \cdot N \cdot q_n \cdot y_i}{1000 \cdot Q_H}, \quad (5.6)$$

де 100 - кількість білизни в кг розрахунку на 1-го жителя;

$z_n$  - ступінь охоплення пральними населення міста (0,3...1);

$y_i$  - ступінь охоплення пралень газопостачанням (0,8...1);

$N$  - сумарна кількість населення для всього міста, люд;

$q_n$  - питома витрата теплоти в пральнях на прання, сушіння, прасування, мДж/люд.рік [8, табл.2];

$Q_H$  - нижча теплота згорання палива( за відсутності даних про хімічний склад палива необхідно приймати 34 мДж/м<sup>3</sup>).

**Річна витрата газу закладами громадського харчування, м<sup>3</sup>/рік, визначається за формулою**

$$Q_{Г.Х.} = \frac{360 \cdot z_{г.х.} \cdot N \cdot q_{г.х.} \cdot y_i}{Q_H}, \quad (5.7)$$

де  $z_{г.х.}$  - частка населення, які регулярно користуються закладами громадського харчування і споживають в день один умовний обід і сніданок (вечерю);

$y_i$  - ступень охоплення закладів громадського харчування газопостачанням (0,8...1);

$N$  - кількість населення сумарне для всього міста, люд;

$q_{к.ф.}$  - питома витрата теплоти в закладах громадського харчування, мДж/люд, [8, табл.2];

$Q_H$  - теплота згорання газу, мДж/м<sup>3</sup>.

**Річна витрата газу на хлібозаводах і пекарнях, м<sup>3</sup>/рік, визначається за формулою**

$$Q_{Х.З.} = (0,6...0,8) \frac{365 \cdot z_n \cdot N \cdot q_{Х.З.} \cdot y_i}{1000 \cdot Q_H}, \quad (5.8)$$

де 0,6...0,8 - добове споживання хлібобулочних виробів на 1000 жителя, т;

$y_i$  - ступень охоплення лазень газопостачанням (0,8...1);

$N$  - кількість населення сумарне для всього міста, люд;

$q_{х.з.}$  – питома витрата теплоти, МДж/м на 1 т виробів [8, табл.2];  
 $Q_H$  – теплота згорання газу, МДж/м<sup>3</sup>.

**Річна витрата газу в закладах охорони здоров'я, м<sup>3</sup>/рік, визначається за формулою**

$$Q_{O.з.} = \frac{12 \cdot z_{л.} \cdot N \cdot (q_{лік}^{їж.} + q_{лік}^{ГВ.}) \cdot y_i}{1000 \cdot Q_H}, \quad (5.9)$$

де  $12$  – кількість ліжок на 1000 жителів;

$z_{л.}$  – частка населення, які користуються лазнями;

$y_i$  – ступень охоплення лікарень газопостачанням (0,8...1);

$N_i$  – кількість населення сумарне для і-тої зони забудови, люд;

$(q_{лік}^{їж.} + q_{лік}^{ГВ.})$  – питома витрата теплоти в лікарнях на приготування їжі і гарячої води, МДж/люд, [8, табл.2];

$Q_H$  – теплота згорання газу, МДж/м<sup>3</sup>.

### 5.2.2 Річні витрати газу на опалення та вентиляцію

**Річні витрати газу на опалення та вентиляцію громадських, житлових будинків, м<sup>3</sup>/рік визначається за формулою**

$$Q_{O.B.} = 3600 \left[ 24(1 + K) \frac{t_B - t_{C.O.}}{t_B - t_{P.O.}} + z_B \cdot K \cdot K_1 \frac{t_B - t_{C.O.}}{t_B - t_{P.B.}} \right] \frac{q_{O.B.} \cdot F_{ж.} \cdot n_O}{\eta_O \cdot Q_H}, \quad (5.10)$$

де  $K$  – коефіцієнт, який враховує витрату газу на опалення громадських будівель (за відсутності даних приймати  $K=0,25$ );

$K_1$  – коефіцієнт, який враховує витрату тепла на вентиляцію громадських будівель, приймати  $K_1=0,6$ ;

$t_B$  – розрахункова температура внутрішнього повітря будівлі чи споруди (для житлових будинків у розрахунках слід приймати 18°C) [12];

$t_{P.O.}, t_{P.B.}$  – розрахункова температура зовнішнього повітря для систем вентиляції та централізованого опалення (приймати  $t_{P.O}=t_{P.B}=19°C$ ) [12];

$t_{C.O.}$  – середня температура зовнішнього повітря впродовж опалювального періоду [3];

$z_B$  – середня кількість годин роботи систем вентиляції громадських будівель на добу,  $z_B=8\dots 16$  год/доб;

$q_{O.B.}$  – укрупнений показник максимального теплового потоку на опалення  $1\text{ м}^2$  загальної площі (приймається в залежності від поверховості житлових будинків у районі і температурної зони України, в якій розташований населений пункт)  $\text{Вт/м}^2$  [6, дод.3, табл.2];

$n_0$  – тривалість періоду опалення, днів/рік;

$Q_H$  – нижча теплота згорання палива,  $\text{мДж/м}^3$ ;

$\eta_0$  – коефіцієнт корисної дії опалювальних котелень, приймається в межах  $0,8-0,85$ ;

$F_{Ж}$  – загальна площа всіх будинків у районі,  $\text{м}^2$

$$F_{Ж} = f_{Ж} \cdot N, \quad (5.11)$$

де  $f_{Ж}$  – норма забезпеченості загальною площею,  $\text{м}^2/\text{люд}$ ;

$N$  – кількість жителів на кожен квартал, люд.

**Річні витрати газу на централізоване гаряче водопостачання,  $\text{м}^3/\text{рік}$  від котелень та ТЕЦ будуть складати**

$$Q_{Г.В.} = 24 \cdot q_{Г.В.} \cdot N \left[ n_0 + (350 - n_0) \frac{60 t_{X.Л.}}{60 - t_{X.З.}} \cdot \beta_1 \right] \cdot \frac{1}{\eta_{Г.В.} \cdot Q_H \cdot 1000}, \quad (5.12)$$

де  $q_{Г.В.}$  – укрупнений показник середнього теплового потоку на гаряче водопостачання,  $\text{Вт/люд}$ . (приймати в залежності від норми витрати води на гаряче водопостачання на одну людину за добу [6, дод. 3, табл. 3]);

$t_{X.Л.}$ ,  $t_{X.З.}$  – температура водопровідної води в літній і зимовий період приймається  $t_{X.З.}=5\text{ }^\circ\text{C}$ ,  $t_{X.Л.}=15\text{ }^\circ\text{C}$ ;

$N$  – кількість жителів, яка користується централізованим гарячим водопостачанням, люд;

$\eta_{Г.В.}$  – коефіцієнт корисної дії в котельні, приймаємо  $\eta_{Г.В.}=0,8-0,85$ ;

$\beta_1$  – коефіцієнт, який враховує зменшення витрати теплоти на нагрівання води в теплий період, приймати  $\beta_1=0,8$ ;

$Q_H$  – нижча теплота згорання палива,  $\text{мДж/м}^3$ .

### 5.2.3 Максимальні годинні витрати газу

Максимальні годинні витрати газу населенням, м<sup>3</sup>/год комунально-побутовим підприємством та комунальним підприємством визначається за формулою

$$Q_{MAX}^{год} = Q \cdot K_{MAX}^h, \quad (5.13)$$

де  $Q$  - річні витрати газу певною категорією споживачів, м<sup>3</sup>/рік;

$K_{MAX}^h$  - коефіцієнт годинного максимуму, приймається диференційовано для кожного району газопостачання, мережі якого є самостійною системою, гідравлічно не зв'язаною з системами інших районів, [3].

Максимальні годинні витрати газу, м<sup>3</sup>/год в районних котельнях на опалення і вентиляцію житлових та громадських будівель:

$$Q_{O.B.}^{max.год} = 3600 \frac{(1 - K + K_1 \cdot K) \cdot q_{O.B.} \cdot F_{Ж} \cdot n_O}{\eta_O \cdot Q_H}, \quad (5.14)$$

де  $K$  – коефіцієнт, який враховує витрату газу на опалення громадських будівель (за відсутності даних приймати  $K=0,25$ );

$K_1$  - коефіцієнт, який враховує витрату тепла на вентиляцію громадських будівель, приймати  $K_1=0,6$ ;

$q_{O.B.}$  – укрупнений показник максимального теплового потоку на опалення 1 м<sup>2</sup> загальної площі (приймається в залежності від поверховості житлових будинків у районі і температурної зони України, в якій розташований населений пункт) Вт/м<sup>2</sup> [6, дод.3, табл.2];

$n_O$  – тривалість періоду опалення, діб/рік [3];

$F_{Ж}$  – загальна площа всіх будинків у районі, м<sup>2</sup>;

$Q_H$  – нижча теплота згорання палива, мДж/м<sup>3</sup>;

$\eta_O$  – коефіцієнт корисної дії опалювальних котелень, приймається в межах 0,8-0,85.

Максимальна витрата газу на централізоване гаряче водопостачання від централізованих котелень, м<sup>3</sup>/год:

$$Q_{Г.В.}^{\max.год} = \frac{Q_{Г.В.} \cdot k}{8760}, \quad (5.15)$$

де  $k$  – коефіцієнт нерівномірності водоспоживання, обчислюється за формулою:

$$k = \frac{q_{\max.год}}{q_{\text{сеп.год}}}, \quad (5.16)$$

де  $q_{\text{сеп.год}}$  - середня годинна норма гарячого водоспоживання, м<sup>3</sup>/Год, визначається за формулою

$$q_{\text{сеп.год}} = \frac{q_{\text{доб.}}}{24}, \quad (5.17)$$

де  $q_{\text{доб}}$  - норма добового водоспоживання для житлових будинків, яка визначається за [3];

$q_{\text{МАХгод}}$  – максимальна годинна норма водоспоживання, м<sup>3</sup>/Год, що визначається за формулою

$$q_{\max.год} = \frac{q_{\text{доб.}}^{\max}}{24}, \quad (5.18)$$

### 5.3 Газорегуляторні пункти і установки

Газові мережі призначені для транспортування й розподілу газу між споживачами на побутові, комунально-побутові й технологічні потреби.

Газопостачання міст може здійснюватися природним, зрідженим або штучним газом. Найбільш досконалим видом палива для житлово-комунального господарства і промисловості є природний газ.

Зв'язок між газопроводами різних тисків, які входять в багатоступеневу систему газопостачання, забезпечують тільки через газорегуляторні пункти (ГРП) або установки (ГРУ). Вони призначення для зниження тиску газу і підтримання його на заданому рівні незалежно від коливань витрати газу і його

тиску на вході в ГРП чи ГРУ. Одночасно провадиться очищення газу від механічних домішок, а при необхідності здійснюється й облік витрати газу. ГРП споруджують на розподільних мережах населених пунктів або підприємств для забезпечення газом не менш двох споживачів, а ГРУ монтують безпосередньо в споживача газу для газопостачання окремого об'єкта (цеху, котельні, печі тощо).

Система газопостачання населених місць складається з газових родовищ, магістральних газопроводів високого тиску, газорозподільних станцій (ГРС), розподільних газопроводів середнього і високого тиску, газорегуляторних пунктів (ГРП), розвідних газопроводів низького тиску та введень споживачам.

Залежно від величини вхідного тиску розрізняють ГРП і ГРУ середнього (до 3 кгс/см<sup>2</sup>) і високого (від 3 до 12 кгс/см<sup>2</sup>) тиску. За значенням ГРП можуть бути загальноміськими, районними, квартальними й об'єктними.

ГРС служить для очищення газу, зниження тиску; розміщається за містом.

Розподільні газопроводи прокладають вулицями міста роздільно від інших інженерних мереж.

ГРП служить для очищення газу від механічних домішок, зниження тиску до низького і розподілу між споживачами; розміщається в мікрорайоні у відокремленому будинку.

За конфігурацією в плані системи розподілу газу, за аналогією з системами водопостачання, діляться на тупикові, кільцеві й змішані.

Для забезпечення безперебійності газопостачання слід проектувати кільцеві й змішані мережі. Тупикові мережі споруджують тільки в тих випадках, коли можлива перерва в подачі газу на об'єкт споживання.

Конфігурація газових мереж, а також прийняті в них робочі тиски в умовах міста залежать від розміщення ГРС, газгольдерних станцій і ГРП.

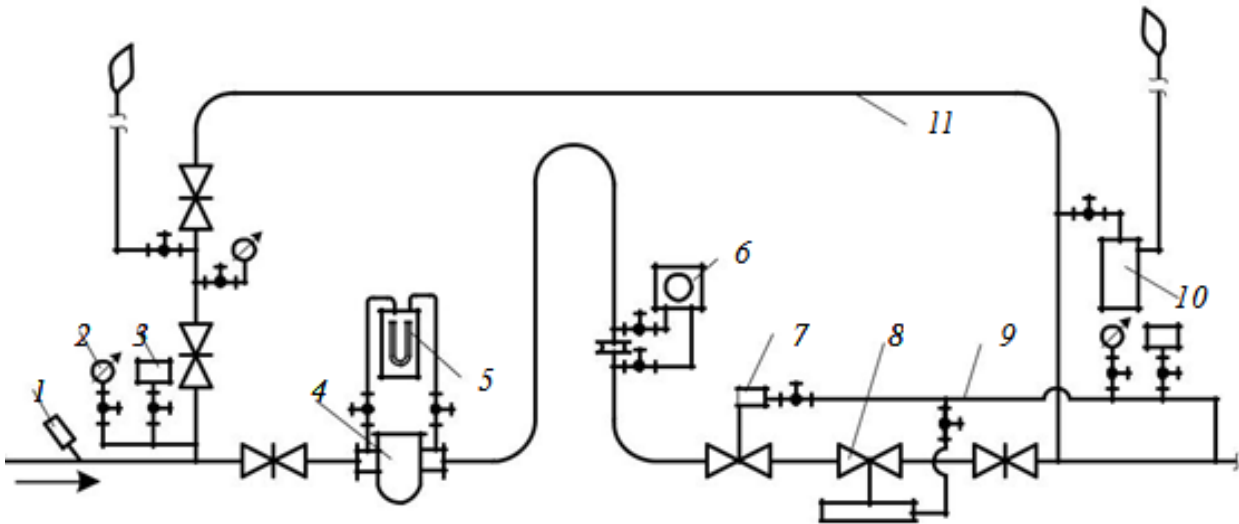
При трасуванні газопроводів з економічних міркувань слід прагнути до того, щоб газ із мережі надходив на об'єкт за найкоротшою відстанню.

Газопроводи високого тиску трасують по окраїні населеного місця або в районах з малою щільністю заселення, а газопроводи середнього й високого тиску - по всіх вулицях, прагнучі при цьому прокладати газопроводи більших діаметрів по можливості вулицями з неінтенсивним рухом.

Принципова схема ГРП представлена на рис. 5.2.

До складу ГРП (ГРУ) входять:

- 1) регулятор тиску 8, що знижує тиск газу й підтримує його на заданому рівні незалежно від зміни витрати й коливань тиску газу до регулятора;



1 – термометр; 2 – показуючий манометр; 3 – реєструючий манометр; 5 - рідинний манометр (для фільтра); 4 - фільтр; 6 - вузол обліку витрати газу; 7 - запобіжно-запірний клапан; 8 - регулятор тиску; 9 - імпульсний газопровід вихідного тиску; 10 - гідравлічний скидний пристрій; 11 - обвідний газопровід (байпас)

Рисунок 5.2 - Схема газорегуляторного пункту

2) запобіжний запірний клапан 7, установлений перед регулятором для відсічення подачі газу при неприпустимому підвищенні або зниженні тиску газу за регулятором;

3) запобіжний скидний пристрій 10 (гідравлічного або пружинно-клапанного типу), призначений для скидання в атмосферу частини газу при незначному перевищенні вихідного тиску з метою попередження спрацьовування запобіжного запірного клапана;

4) фільтр 4, що забезпечує очищення газу від механічних домішок (іржі, окалини, пилу тощо);

5) пристрої відключення (засувки або крани);

6) контрольно-вимірювальні прилади (КВП), що забезпечують вимірювання, а при необхідності й реєстрацію температури газу на вході й тисків газу на вході й виході з ГРП. При необхідності обліку витрати газу в комплект КВП входить газовий лічильник 6, що може бути встановлений перед регулятором або за ним.

Для забезпечення подачі газу споживачам у період ремонту обладнання ГРП передбачений обвідний газопровід (байпас) із двома пристроями відключення. При наявності в ГРП двох і більше технологічних ниток з основним устаткуванням обвідний газопровід не монтується.

Шафи (шафові ГРП) повинні бути з негорючих матеріалів (метал, залізобетон, азбестоцемент і т.ін.), мати в нижній і верхній частинах отвори для вентиляції і розташовуватися на висоті, зручній для обслуговування і ремонту обладнання. Шафові ГРП продуктивністю понад 10 куб. м/г, які застосовуються в системах газопостачання міст і сільських населених пунктів, повинні мати дві лінії регулювання газу - робочу і резервну.

Шафові ГРП повинні мати три ступеня захисту споживача від підвищення тиску газу (регулятор, запобіжно-викидний клапан, запобіжно-запірний клапан) і два ступеня захисту від зниження тиску газу (регулятор, запобіжно-запірний клапан). Для підвищення надійності роботи обладнання шафового ГРП слід передбачати в його конструкції фільтр очищення газу. Приміщення ГРП (ГРУ) повинні бути оснащені сигналізаторами на загазованість цих приміщень.

Газові мережі звичайно прокладають під землею (підземні прокладки).

Допускається прокладати два чи більше газопроводи в одній траншеї. У цьому випадку відстань між газопроводами у світлі варто призначати з умов зручності монтажу і ремонту трубопроводів.

Газопроводи, що транспортують вологий газ, прокладають нижче рівня промерзання ґрунту (рахуючи до верху труби). Для видалення вологи, яка конденсується, їх кладуть з ухилами а в нижніх точках розміщують збірник конденсату.

Газопроводи, що транспортують осушений газ, прокладають у зоні промерзання ґрунту на глибині не менше 0,8 м від поверхні землі (до верху труби).

Газові мережі споруджують з металевих труб. У сучасних умовах для прокладки газових мереж різного призначення використовують сталеві безшовні й зварні труби. Сталеві газопроводи, що прокладають під землею, з'єднують зварюванням. Нарізні з'єднання труб і арматури при підземних прокладках газопроводів не допускаються.

На мережі газопроводів встановлюють різну арматуру і фасонні частини. Для устрою поворотів і відгалужень, а також переходів при зміні діаметра труб використовують фасонні частини, зварні або із застосуванням гарячого гнуття.

Коливання температури ґрунту викликають зміну напруги в газопроводах і арматурі, що на них встановлюється. З метою зниження цих напруг, а також демонтажу й наступної установки засувок застосовують компенсатори.



Колодязі улаштовують на підземних газопроводах, як правило, у містах, де встановлюють пристрої для відключення і компенсатори. Їх улаштовують із вологостійких, гниlostійких матеріалів, які не згорають (бетону, залізобетону, цегли), влаштовують збірними або монолітними.

### **Питання для самоконтролю**

1. Як проводиться вибір раціональної системи газопостачання міст і селищ?
2. Визначить методику розрахунків добового і річного споживання газу комунальними підприємствами міст.
3. Що треба врахувати у разі розрахунку споживання газу промисловими підприємствами?
4. Чим відрізняються газорегуляторні пункти від аналогічних установок?
5. Наведіть принципіальну схему і устрій газорегуляторних пунктів.
6. Як влаштована станція для змішування різних газів?
7. Назвіть категорії газу в залежності від тиску.
8. Яка методика використовується при розрахунках міцності трубопроводів ?
9. Що може привести до аварій на газопроводах?
10. Як проводиться вибір розподільчих мереж в залежності від підвищеного тиску і ймовірних аварій?
11. Наведіть умови вибору матеріалів для газових труб
12. Яка арматура використовується в мережах газопостачання?
13. Наведіть шкідливі і небезпечні чинники при експлуатації газових мереж.
14. Визначте правила охорони праці при експлуатації споруд газової системи.

## РОЗДІЛ 6. УСТРІЙ МІСЬКОЇ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

### 6.1 Призначення і класифікація міської системи

Залежно від виду первинної енергії розрізняють теплові електростанції (ТЕС), гідроелектричні станції (ГЕС), атомні електростанції (АЕС) та ін. До ТЕС відносяться конденсаційні електростанції (КЕС) і теплові або теплоелектроцентралі (ТЕЦ).

Електростанції, обслуговуючі великі і житлові райони, дістали назву державних районних електростанцій (російською ГРЭС). До їх складу, як правило, входять конденсаційні електростанції, що використовують органічне паливо і що не виробляють теплової енергії разом з електричною. ТЕЦ також працюють на органічному паливі, але, на відміну від КЕС, виробляють як електричну, так і теплову енергію у вигляді гарячої води і пари для цілей теплофікації. Атомні електростанції переважно конденсаційного типу використовують енергію ядерного палива.

У ТЕЦ, КЕС і ГРЕС потенційна хімічна енергія органічного палива (вугілля, нафти або газу) перетворюється в теплову енергію водяної пари, яка, у свою чергу, переходить в електричну. Саме так виробляється ~ 80 % отримуваний у світі енергії, основна частина якої перетворюється на електричну на величезних теплових електростанціях.

Слід зазначити, що сучасна атомна і, можливо, майбутня термоядерна електростанції також є тепловими станціями. Відмінність полягає в тому, що топка парового котла (генератора теплової енергії у вигляді водяної пари критичних та надкритичних параметрів) замінюється на ядерний або термоядерний реактор.

Гідравлічні електростанції (ГЕС), на відміну від ТЕС і АЕС, використовують поновлювану первинну енергію, а саме енергію потоку води, яка перетворюється в електричну, що падає.

З усіх видів виробництва енергії найбільший розвиток в Україні отримала теплоенергетика як енергетика парових турбін на органічному паливі.

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.).

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.

## **6.2 Джерела і технологічне обладнання електричних мереж**

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 знижуючими 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.

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), підвищуючих 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 режимом 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.

Електричні мережі служать для транспортування і забезпечення споживачів електричною енергією на побутові й технологічні потреби.

Система електропостачання міста містить у собі елементи енергетичної системи, які забезпечує розподіл електроенергії споживачам.

Енергетичною системою називається сукупність електростанцій, ліній електропередачі, підстанцій і теплових мереж, зв'язаних в одне єдине ціле спільністю режиму і безперервністю процесу виробництва, а також розподілів електричної енергії.

Система електропостачання складається із джерела електропостачання, що знижують, розподільних і трансформаторних підстанцій, що живлять, розподільних і розводящих мереж.

До джерел електропостачання міст і населених місць відносяться: теплоелектроцентраль (ТЕЦ), конденсаційна електростанція (КЕС),

теплоелектростанція (ТЕС), атомна електростанція (АЕС), гідроелектростанція (ГЕС) - див. вище.

Розподільні електричні мережі  $W_2$  прокладають вулицями міста безканальним способом при роздільному методі прокладання або у міському колекторі при сумісному методі прокладання.

Трансформаторні підстанції (ТП) служать для прийому, зниження напруги і розподілу електричної енергії.

Розводящі електричні мережі  $W_1$  від ТП до будинків мікрорайону чи до прохідних каналів прокладають паралельно проїзду на відстані 1 м або відразу від ТП перпендикулярно через проїзд до будинку в технічне підпілля. Від розводящих електричних мереж, що проходять через технічні підпілля будинків і прохідні «зчіпки», роблять відгалуження до електричних щитів, що встановлюють у сходових клітках. При роздільній прокладці мережі  $W_1$  прокладають від будинку на відстані не менше 0,6 м.

Телефонні кабельні мережі є необхідною приналежністю міського господарства. Основи прокладки і пристрою цих мереж збігаються із принципами побудови силових електричних мереж.

Джерелом телефонізації служить автоматична станція (АТС). Введення кабелів у будинок від міської АТС здійснюється з телефонних розподільних шаф (ТРШ), установлюваних на зовнішніх стінках у сходових клітках будинків з розрахунку 1 ТРШ на 300 абонентів, або безпосередньо від комутаційного щита міської телефонної мережі.

Розводящі телефонні мережі УО від ТРШ прокладають транзитом через технічні підпілля будинків і прохідні «зчіпки» разом з розводящими водопровідними В, тепловими ТО і електричними  $W_1$  мережами.

### **6.2.1 Лінії електропередачі**

Передача електричної енергії від електричних станцій до споживачів здійснюється за допомогою повітряних і кабельних електричних мереж. На територіях за містом найчастіше використовують повітряний метод прокладення електричних мереж на високих опорах.

Основними елементами повітряної лінії є опори, які підтримують проводи на певній висоті від землі, проводи для передачі енергії, ізолятори і арматура для кріплення.

Електрична мережа насамперед повинна бути безпечною в експлуатації. Це досягається проектуванням мережі відповідно до «Правил устрою

електроустановок» (ПУЕ). Згідно з ПУЕ по улаштування силового кабелю перевага повинна віддаватися кабелям з алюмінієвими жилами і алюмінієвою оболонкою. Як ізоляцію при напрузі до 35 кВ використовують просочену масло-каніфольним складом кабельний папір. При напрузі до 6 кВ застосовують також гумову ізоляцію з оболонкою із пластика.

У системах електропостачання міст найбільше поширення одержала прокладка кабелів під землею (у траншеях під газонами, уздовж будинків і під тротуарами). Кабелі слід прокладати по найкоротшій відстані, так, щоб вони не проходили під існуючими або споруджуваними спорудами, а також не перетинали підвали й складські приміщення.

При виборі траси слід уникати ґрунтів, що агресивно впливають на металеві оболонки, а також обходити зони, де виявляються блукаючі струми.

В одній траншеї допускається прокладати не більше шести кабелів. Припустимі відстані між кабелями, а також між ними та іншими спорудами регламентуються ПУЕ та ДБН.

При перетинанні кабелями вулиць і площ, полотна залізниць і автомобільних доріг, трамвайних шляхів, водовідвідних каналів, траншей і т.п., а також коли потрібно зменшити відстань між самими кабелями і між ними та іншими підземними комунікаціями, кабелі прокладають у трубах.

Коли велика кількість кабелів перетинає вулиці й площі з вдосконаленим покриттями і інтенсивним рухом, де їх розкриття виключається, кабелі прокладають в блоках із труб, у яких передбачені резервні канали. Матеріал труб (сталеві, азбестоцементні, бетонні та ін.) вибирається з урахуванням особливостей ґрунтів (агресивності, наявності блукаючих струмів).

У районах з розвиненими підземними комунікаціями, а також при виведенні великої кількості кабелів від підстанцій виправдана їх прокладка в колекторах і тунелях.

У колекторах кабелі укладають сумісно з теплопроводом і водопроводом. Причому внизу розташовують теплопроводи та водопроводи, потім кабелі зв'язку, а вище силові кабелі (у порядку зростання їх напруги). При двосторонньому розташуванні комунікацій з однієї сторони розміщують зверху кабелі зв'язку, а внизу теплопроводи, а з іншого боку - зверху силові кабелі, а внизу водопроводи. Між різними комунікаціями передбачаються незгораючі перегородки і необхідні проходи. Поверх перекриття колектора насипають шар землі висотою не менше 0,5 м. Блоки і колектори влаштовують з ухілами (не менше 0,1%) для забезпечення стоку.

## 6.2.2 Електроприймачі 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.

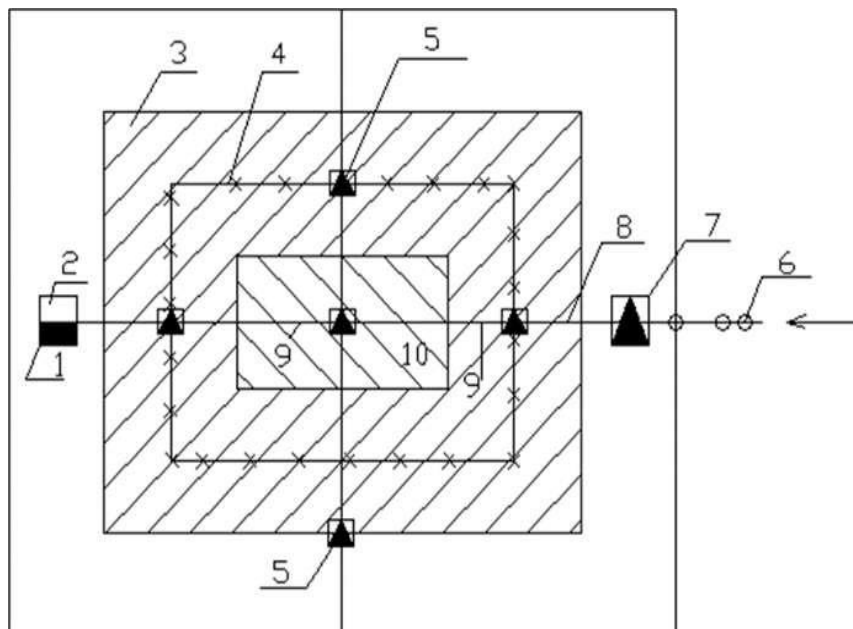
Електроприймачі другої категорії забезпечуються електроенергією від двох незалежних джерел живлення.

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 дволанцюгового 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 рисунку 6.1 показана схема будови міської електричної мережі з обладнанням глибоких введів кабельних ліній напругою 110 кВт у районах з високою щільністю забудови



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 110кВ; 10 - центральна частина міста

Рисунок 6.1 - Схема електропостачання міст

### Питання для самоконтролю

1. Назвіть види електростанцій залежно від первинної енергії.
2. У яких електростанціях використовують потенційну хімічну енергію?
3. Що входить до складу енергетичних систем?
4. За якими ознаками проводять класифікацію систем електропостачання?
5. Дайте перелік обладнання, що входить до міських електричних мереж.



6. Що враховують генеральний план міста і схема його електропостачання?
7. Наведіть визначення енергосистеми міста чи промислового підприємства.
8. Назвіть джерела електропостачання міст і селищ.
9. Що таке розподільні і розводящі електричні мережі?
10. Як забезпечується безпека передачі електроенергії до місць постачання?
11. Назвіть категорії електроприймачів для споживання.
12. Наведіть колективні засоби захисту споживачів від ураження струмом.
13. Які індивідуальні засоби захисту використовують в залежності від напруги?

## **РОЗДІЛ 7. РАЦІОНАЛЬНЕ І БЕЗПЕЧНЕ РОЗМІЩЕННЯ ІНЖЕНЕРНИХ МЕРЕЖ РІЗНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ НА ТЕРИТОРІЇ МІСТ І СЕЛИЩ**

### **7.1 Сучасні способи прокладання міських інженерних мереж**

При створенні нових або при реконструкції існуючих населених місць інженерне устаткування, як правило, проектують у вигляді комплексу систем водопостачання, каналізації, тепло-, газо-, електропостачання та ін. При цьому підземні мережі також необхідно проектувати як комплексне господарство, ретельно погоджуючи їх розміщення із поперечним профілем проєктованих вулиць, із транспортною мережею та із внутрішньо мікрорайонними проїздами.

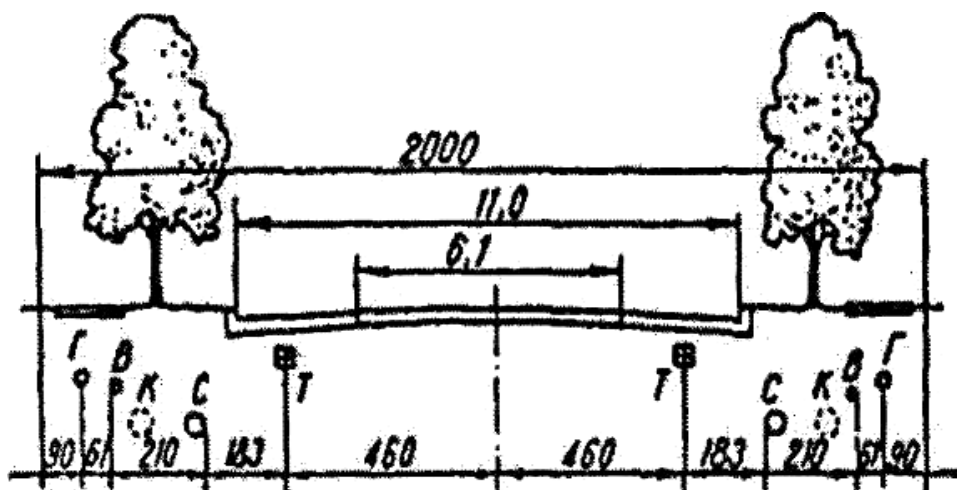
Для забезпечення споруджуваних районів міста водою, газом, теплом і електроенергією підземні мережі слід прокладати до початку забудови мікрорайонів: магістральні (міські й районні) мережі уздовж вулиць, розводящі (мікрорайонні) мережі уздовж внутрішньо мікрорайонних проїздів.

При трасуванні магістральних підземних мереж необхідно враховувати структурно-планувальні рішення населеного місця, розміри між магістральних територій, характер шляхово-транспортної мережі, рельєф, розміщення водоймищ і, звичайно, місце розташування найбільш великих споживачів води, тепла, газу й електроенергії. Як правило, магістральні підземні мережі трасують через щільно забудовані території житлових районів у напрямку до великих споживачів води. Магістральні міські мережі прокладають уздовж транспортних вулиць у технічних смугах, що відводяться спеціально для них, а магістральні районні мережі - уздовж житлових вулиць і проїздів. При цьому слід прагнути проектувати спільне прокладання підземних комунікацій в одній траншеї або в загальному колекторі (каналі).

Магістральні міські й районні мережі водопостачання й теплопостачання по можливості трасують на місцевості із підвищеними відмітками поверхні землі, а газопроводи низького тиску - на місцевості з низькими відмітками. Це дозволяє більш раціонально використовувати напори в мережах. Для забезпечення рівномірних напорів у мережах і запобігання перерв у роботі при аваріях, основні транзитні магістралі доцільно з'єднувати перемичками.

Схема підземних мереж населеного місця повинна передбачати можливість будівництва об'єкта по черзі, а також його подальше розширення і реконструкцію.

На поперечному профілі вулиці (рис. 7.1) необхідно розміщати мережі з урахуванням призначення вулиці в планувальному і транспортному відношенні, роду забудови, наявності перехресть і в'їздів на території мікрорайонів, кварталів або дворів.

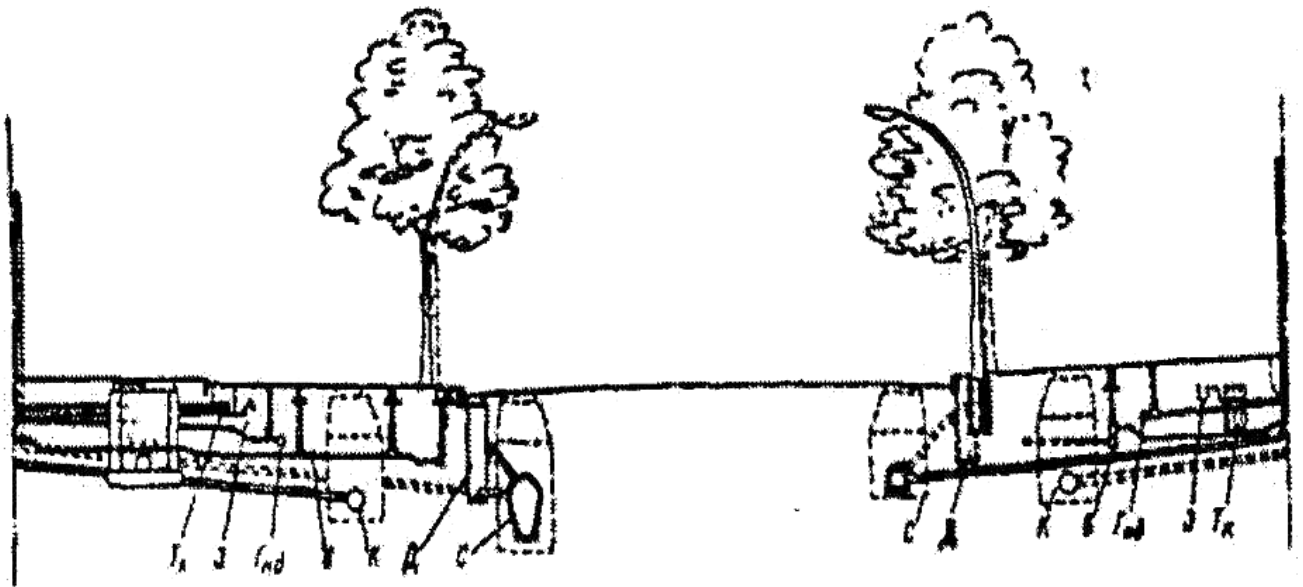


*Г - газопровід; В - водопровід; К - побутово-виробнича каналізація;  
С - водостік; Т - телефонна мережа*

*Рисунок 7.1 - Схема розміщення підземних мереж на вулицях шириною 20 м*

При будівництві нових районів з озелениними вулицями й вільним плануванням житлової забудови підземні мережі розміщують поза проїзною частиною — під смугами зелених насаджень і під тротуарами (рис. 7.2). Ці місця можна розглядати як спеціальні технічні смуги, які повинні бути досить широкими. При реконструкції старих районів житлової забудови, а також при будівництві нових районів з вулицями, що мають невелику ширину, підземні мережі прокладають і під проїзною частиною.

Розміщення підземних мереж, що прокладаються роздільно, проектують з урахуванням строку їх служби. Так, кабельні мережі, які вимагають частого розкриття в період експлуатації, розміщують, як правило, у смузі тротуарів. Магістральні мережі водопроводу, каналізації, тепло- і газопроводів, що мають тривалий термін служби, розташовують під смугами зелених насаджень, а у випадку, якщо ширина їх виявиться недостатньою у середній частині вулиці.

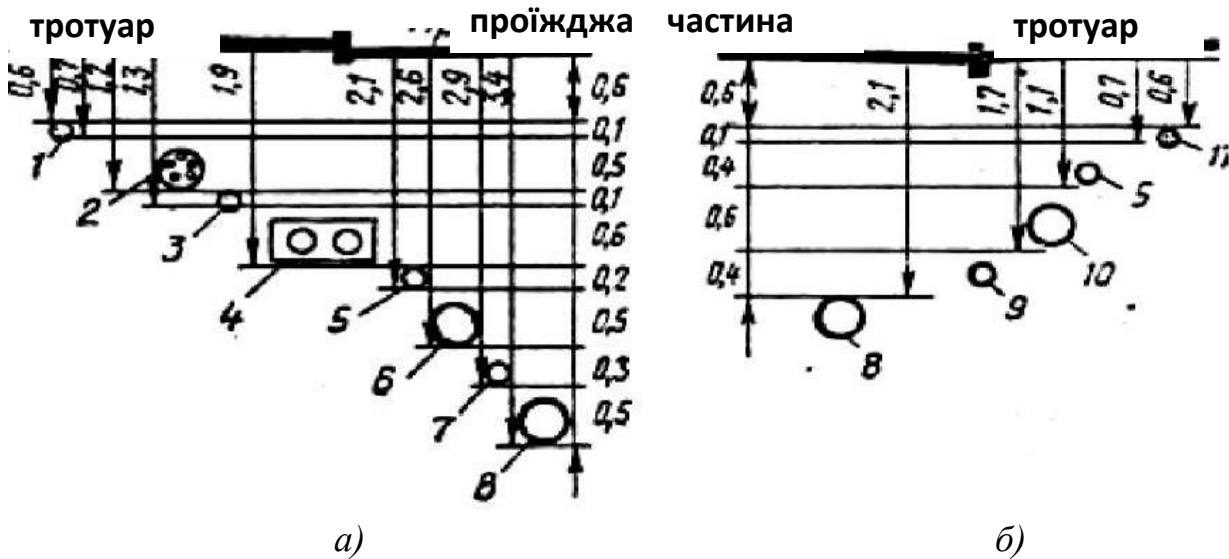


*Тк - телефонні кабелі; Е - електрокабелі; Г - газопровід;  
 В - водопровід; К - побутово-виробнича каналізація;  
 Д - дощоприймальний колодязь; С - водостік*

*Рисунок 7.2 - Схема розміщення підземних мереж на широких вулицях*

Поперечний профіль вулиці проектують з урахуванням наступних положень. Ширина тротуару для однієї лінії пішоходів приймається рівною 0,75 м. У смузі тротуару або прилягаючого до нього газону на відстані не менше 0,5 м від червоної лінії забудови прокладають кабелі слабого струму (пожежної сигналізації, радіо, телебачення, міжміського зв'язку й спеціального призначення), потім — кабелі телефонного зв'язку з розривом 0,5-0,6 м — силові кабелі напругою до 10 кВ. Кабелі постійного струму (тролейбусу, метро, трамваю) розміщують на відстані 0,5 м від крайнього силового кабелю, а кабелі ліній високовольтної передачі напругою 35 кВ прокладають у смугах зелених насаджень або під проїзною частиною на відстані не менше 2 м від найближчих підземних мереж. Інші підземні мережі розташовують у плані від червоної лінії забудови до осі вулиць за зростаючою глибиною їх закладання (рис. 7.3).

При будівництві мереж і колекторів відкритим способом необхідно виконати підготовчі роботи, до яких відносяться: розбивка траси трубопроводу в плані і по висоті з прив'язкою до незмінних орієнтирів, розмітка місць перетинання існуючих підземних споруд і установка інвентарних огорожень траншей.



1 - кабелі слабого струму; 2 - кабелі телефонного зв'язку; 3 - силові кабелі; 4 - теплопровід; 5 - газопровід; 6 - дощова мережа; 7 - водопровід; 8 - побутова каналізація; 9 - водопровід розводящий; 10 - магістральні мережі; 11 - кабелі зв'язку

Рисунок 7.3 - Варіанти вертикально-горизонтального зонування

Спеціальні технічні смуги у вигляді газонів з посадками та деревами використовують для прокладання розводящих напірних трубопроводів і вуличних самопливних ліній каналізації і водостоків. Прокладку трубопроводів поблизу існуючих дерев здійснюють не ближче 1, 5-2 м від їх стовбурів до осі труби.

Відстань від осі найближчого трубопроводу до крайніх рейкових ниток трамвая повинна бути не менше 2 м для забезпечення можливості виробництва будівельних робіт без перерви трамвайного руху.

Розміщення підземних мереж на вулицях роблять з урахуванням глибини їх закладання. Першими від лінії забудови прокладають менш заглиблені кабелі зв'язку, потім телефон, силові кабелі, трубопроводи тепломережі, газопроводи, водопровід, каналізацію і водостік.

## **7.2 Глибина закладання підземних мереж і їх перетинання**

При розміщенні підземних мереж у профілі вулиці повинно передбачатися не тільки горизонтальне, але й вертикальне їх зонування.

Найбільш часто здійснюють вертикальне зонування розводящих мереж, тому що при цьому забезпечуються раціональне рішення розміщення введення і перетинання підземних мереж на різних рівнях. При вертикальному зонуванні також можливі два варіанти прокладки підземних мереж - з дублюванням або без дублювання.

Глибину закладання підземних мереж призначають з урахуванням їх технологічних особливостей, гідрогеологічних умов і рельєфу місцевості, а також способів провадження робіт.

Максимальну глибину закладання повинні мати підземні мережі каналізації (6,5-8 м). Теплові мережі розміщують вище мереж каналізації, водопроводу і газопроводу. Найменшу глибину закладання мають кабелі слабого струму й силові кабелі.

У всіх випадках глибину закладання мереж призначають із урахуванням глибини промерзання ґрунту в даній місцевості й запобігання руйнування їх статичними й динамічними навантаженнями з поверхні землі. При проектуванні підземних мереж глибину їхнього закладення не слід приймати менш зазначеної в таблиці 7.1.

При перетинанні підземних мереж мінімальну відстань між ними по вертикалі (у світлі) приймають від 15 до 40 см залежно від матеріалу труб і призначення мереж. При перетинанні водопровідних мереж з каналізаційними їх по санітарних міркуваннях прокладають у футлярах (кожухах).

## **7.3 Роздільне й спільне прокладання мереж в одній траншеї**

Міські інженерні мережі прокладають під землею відкритим або закритим способами. Відкритий спосіб прокладання мереж із влаштуванням траншей одержав у будівництві найбільше поширення. Закриті способи прокладання трубопроводів застосовують головним чином у стиснутих міських умовах, коли неможливо або небажано вирити траншею.

Роздільне прокладання підземних мереж донедавна мало широке поширення. Воно застосовується й зараз, зокрема при заміні старих мереж новими. Однак при новому будівництві цілих житлових комплексів (квартал, мікрорайон), а також при більших обсягах будівництва застосування цього

способу прокладання мереж недоцільно як у технічному, так і в економічному відношенні.

Таблиця 7.1 - Найменша глибина закладання підземних мереж, якщо рахувати до їх верха

Підземні мережі	Глибина закладання мереж
Водопровід за діаметром труб: до 300 мм..... від 300 до 600 мм .....	Нижче глибини промерзання на 0,2 м Вище глибини промерзання на 0,25 діаметра Вище глибини промерзання на 0,5 діаметра
більше 600 мм.....	
Каналізація за діаметром труб: до 500 мм..... більше 500 мм.....	Вище глибини промерзання на 0,3 м Вище глибини промерзання на 0,5 м, але не менше 0,7 м від планувальної відмітки
Газопровід: - вологого газу..... - осушеного газу в непучинистих грунтах в зоні проїзної частини: з удосконаленим покриттям..... без удосконалених покриттів....	Нижче глибини промерзання  0,8 м 0,9 м
Теплопровід: при прокладанні у каналі..... при безканалюму прокладанні....	0,5 м 0,7 м
Кабелі: поза проїздами .....	0,7 м 1,0 м
при перетинанні проїздів .....	

При роздільному підземному методі прокладання трубопроводів і кабелів для кожної комунікації влаштовується своя траншея. Незважаючи на ряд недоліків, цей метод широко використовується в містах при будівництві інженерних мереж.

Недоліки роздільного підземного методу прокладання:

- великий обсяг земельних робіт;

- корозія сталевих і чавунних трубопроводів; труднощі в проведенні ремонтних робіт; більша розкопка території.

Роздільне прокладання мереж вимагає більших розривів між ними, а також збільшення обсягів земляних робіт у порівнянні з іншими способами прокладання. У першу чергу варто прокласти мережі глибокого закладання, а потім більше дрібного. Ширина зони прокладання мереж водопроводу, каналізації й теплопроводу визначається розмірами камер, що споруджуються на них, і колодязів. Ширина зони прокладання газопроводів низького тиску великих діаметрів, а також газопроводів середнього і високого тиску встановлюється технічними правилами залежно від відстані до будинків та споруд.

Спільне прокладання підземних мереж в одній траншеї в техніко-економічному відношенні, як правило, більш раціональне. Спільний метод прокладання інженерних мереж в одній траншеї застосовують з 1954 р.

Переваги цього методу в порівнянні з роздільним методом прокладання мереж під землею:

- зниження вартості будівництва;
- зниження обсягу земельних робіт;
- зменшення ширини технічної смуги;
- скорочення строків будівництва.

Недоліки цього методу:

- збільшення глибини закладання;
- складність розробки збіжних траншей, механізованим способом;
- складність устрою введення мереж у будинки;
- зниження надійності за рахунок корозії трубопроводів і кабелів.

При проектуванні прокладання підземних мереж в одній траншеї їх звичайно розміщують паралельно одна одній, задаючи для всіх, крім каналізації, однаковий ухил. Відстані між мережами в цьому випадку скорочують, що знижує вартість будівництва.

Схеми сполученого прокладання відрізняються великим різноманіттям. Вони залежать від призначення підземних мереж, їх з'єднання в траншеї, розмірів трубопроводів і камер, гідрогеологічних умов та ін.

#### **7.4 Прокладка підземних мереж у загальних колекторах**

Прокладання мереж різного призначення (газопроводу, водопроводу, теплопроводу та ін.) в одній траншеї хоча і більш раціональне, ніж роздільне



прокладання, однак зіткнення трубопроводів із ґрунтом скорочує строк їхньої служби та викликає необхідність частого розкриття дорожніх покриттів. І те і інше сприяє збільшенню вартості будівництва й експлуатацію підземних мереж.

Найбільш прогресивним способом спорудження підземних мереж варто вважати прокладання їх у загальних колекторах. У таких колекторах звичайно розміщують мережі водопроводу й напірної каналізації, теплопроводу, електричні кабелі різного призначення, а іноді і газопроводи.

При спільному методі прокладання інженерних мереж у прохідних каналах (колекторах) всі напірні трубопроводи, а також кабелі прокладають разом у залізобетонному колекторі.

Переваги спільного методу прокладання в колекторах:

- розміщення на порівняно невеликій площі великої кількості напірних трубопроводів і кабелів;
- відсутність розкопки території під час проведення ремонтних робіт і можливість прокладання нових мереж без порушення роботи транспорту та руху пішоходів;
- більш надійний захист від корозії, механічних ушкоджень і дії динамічних навантажень від міського транспорту;
- зменшення обсягу земельних робіт і трудомісткості будівництва за рахунок підвищення рівня індустріалізації й застосування прогресивних конструкцій.

Окрім прокладання колекторів, у цей час у багатьох містах на територіях мікрорайонів широко застосовують сполучене прокладання мереж холодного і гарячого водопроводу, а також мереж тепlopостачання в непрохідних каналах.

Найбільш широко застосовують односекційні колектори. При наявності великої кількості підземних мереж та ще й більших діаметрів, що характерно для промислових районів населених місць або промислових підприємств, доцільно застосовувати двохсекційні колектори.

Магістральні мережі побутової й дощової каналізації, що мають великі діаметри і вимагають певні ухили при їх прокладці, розмістити в загальних колекторах, як правило, не вдається.

Колектори обладнують освітленням, вентиляцією, сигналізацією та іншими пристроями, що забезпечують нормальну експлуатацію прокладених у них мереж.

У плані колектори слід прокладати уздовж основних вулиць, доріг паралельно осі проїзної частини або червоної лінії забудови. Найбільше доцільно розміщати їх у технічних смугах, під смугами зелених насаджень або

під тротуарами. Перетинання колекторів з іншими спорудами краще виконувати під прямим кутом.

### **7.5 Безтраншейні (закриті) методи будівництва трубопроводів**

При проходженні трубопроводів під залізницями і автомобільними дорогами, а також у випадках щільної міської й промислової забудови, коли території покриті густою мережею підземних комунікацій (мережі водопостачання, каналізації, теплові, електричні мережі, кабелі зв'язку, газо-, нафта- і продуктопроводи і т.п.), їх прокладання відкритим способом дуже складне, а іноді й неможливе. У цих випадках застосовують різні методи закритої прокладки трубопроводів, до яких відносяться проколювання (без виїмки ґрунту), продавлювання (з виїмкою ґрунту), горизонтальне буріння, віброударний, а також щитовий способи проходки. Область застосування кожного з цих методів визначається діаметром трубопроводу, його довжиною, характером пересічної споруди, ґрунтовими умовами і необхідною точністю прокладки трубопроводу в плані й профілі. Глибина закладання не впливає на вибір способу, за винятком щитової проходки, яку доцільно застосовувати при глибині закладання більше 6-7 м.

Споруди підземних переходів трубопроводів через автомобільні дороги і залізниці треба передбачати в місцях проходження доріг під насипами, або в місцях з нульовими відмітками. При цьому прокладання трубопроводів через тіло насипу не допускається.

Технологічна схема виконання робіт з безтраншейного (закритого) прокладання трубопроводів містить в собі наступні основні операції: підготовчі роботи, захист кожуха від корозії, прокладка кожуха під пересічною спорудою, укладання робочого трубопроводу всередині кожуха, влаштування ущільнень, витяжної труби, контрольного колодязя і відвідної каналізації.

Вибір того або іншого методу закритої проходки залежить від гідрогеологічних умов будівництва, робочого діаметра труби, стану наземних споруд і здійснюється на основі техніко-економічного порівняння варіантів.

### **7.6 Прокладання труб у футлярах**

Футляр призначений для запобігання робочого трубопроводу від навантажень, що виникають при русі транспорту над трубопроводом, а також

для захисту трубопроводу від агресивних ґрунтів і блукаючих струмів. Крім того, кожух захищає дорогу від руйнування у випадку аварії трубопроводу під нею.

У практиці містобудування найбільше поширення при спорудженні футлярів одержали наступні методи закритої (безтраншейної) прокладки мереж: прокол, продавлювання, горизонтальне буравлення й щитова проходка.

Метод проколювання застосовують для влаштування захисних кожухів у суглинках і глинах нормальної вологості, що не містять твердих включень. Для зменшення сил бокового тертя трубу-футляр (кожух) оснащують наконечником. Діаметр наконечника повинен бути на 30-40 мм більше зовнішнього діаметра труби-футляра. Відмінною рисою методу проколювання є проходка без виїмки ґрунту.

Прокол може здійснюватися шляхом ущільнення ґрунту, часткового випуску ґрунту в середину кожуха і вдавнення з утворенням ґрунтової пробки. Спосіб проколювання залежить від довжини проколу, гідрогеологічних умов і діаметра кожуха. У свою чергу від способу проколювання залежить вибір конструкції наконечника.

Метод продавлювання - найпоширеніший метод безтраншейної прокладки, що дозволяє споруджувати переходи трубопроводів діаметром від 700 до 2000 мм у будь-яких ґрунтах, крім скельних і тих, які володіють пливунними властивостями. Середня швидкість продавлювання становить 1,8 м/зміну, продуктивність праці прохідників - 0,61 м/чол.-зміну. Практично з одного робочого котловану можна продавлювати труби на довжину до 60-80 м.

При прокладці труб способом продавлювання необхідно розробляти і видаляти ґрунт, що надходить у трубу через її відкритий передній кінець. Залежно від умов робіт його розробляють механізованим способом або вручну.

Способом продавлювання можна прокладати не тільки металеві труби, але і залізобетонні колодязі, труби, тунельні блоки різного поперечного перерізу.

Метод горизонтального буравлення - найбільш індустріальний метод, його реалізують за допомогою установок, до складу яких входять: машина з двигунами внутрішнього згорання, шнековий транспортер з ріжучою голівкою, механізм подачі з лебідкою і системи блоків-поліспастів.

При використанні для прокладки трубопроводів способів продавлювання й проколювання трубу вдавлюють в ґрунт під дією горизонтальних зусиль, що створюються домкратами або іншими механізмами.

Роботи із продавлювання або проколювання труб починають з риття робочого котловану, з якого ведуть проходку, і прийомного котловану, у який

виходить кінець труби, що прокладається. У робочому котловані розміщують усі устаткування та пристосування, тому його розміри залежать від способу провадження робіт, устаткування, яке застосовується, довжини і діаметра труб, що прокладаються. Звичайно довжина робочого котловану становить 10-12 м, а ширина від 2 до 5 м. Довжина прийомного котловану по дну становить 1-5 м, а ширина приймається залежно від діаметра труби, що прокладається. Для збільшення термінів служби кожухів і робочих трубопроводів зовнішні поверхні їх покривають антикорозійною ізоляцією. Високою механічною міцністю володіє азбестоцементна або піщано-цементна армована ізоляція, що наноситься товщиною 20-30 мм.

### 7.7 Щитовий спосіб прокладання

Щитовий спосіб робіт можна успішно застосовувати в найрізноманітніших ґрунтових умовах (вапняки, піски, глини, пливуні) при глибині від 6-7 до 25 м і більше. Цим способом побудована велика кількість тунелів та колекторів для комунального господарства під магістральними залізничними коліями, будинками, річками й каналами.

Щит для спорудження підземних тунелів (рис. 7.4) являє собою пересувне кругле металеве кріплення, під прикриттям якого розробляють ґрунт і зміцнюють стінки виробки. Пересування щита вперед у процесі роботи здійснюється за допомогою гідравлічних домкратів, розташованих у середній частині щита по його периметру.

При включенні домкратів їхні штоки впираються в раніше покладене первинне оброблення тунелю, і щит, просуваючись вперед, урізається в ґрунт. Після пересування щита штоки домкратів забирають, збирають наступне кільце первинного оброблення тунелю, розробляють ґрунт у вибої й знову пересувають щит.

Тунелі, побудовані щитовим способом, широко використовують як самопливні каналізаційні магістралі і як загальні колектори для прокладки трубопроводів різного призначення.

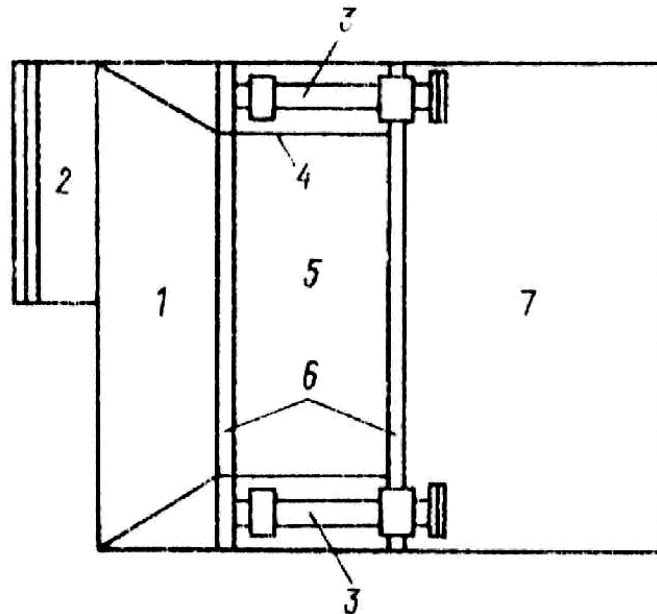
Прохідницький щит складається із трьох основних частин:

- передньої - ріжучої;
- середньої - опорної;
- задньої (хвостової).

У комплекс робіт при щитовій прокладці колекторів входять наступні основні операції:

- 1) підготовчі роботи;
- 2) щитова проходка;
- 3) внутрішнє оброблення колекторів.

Щитова проходка полягає в розробці ґрунту у вибої, пересуванні щита, влаштуванні первинного оброблення колектора, нагнітанні розчину за оброблення і виконанні транспортних операцій.



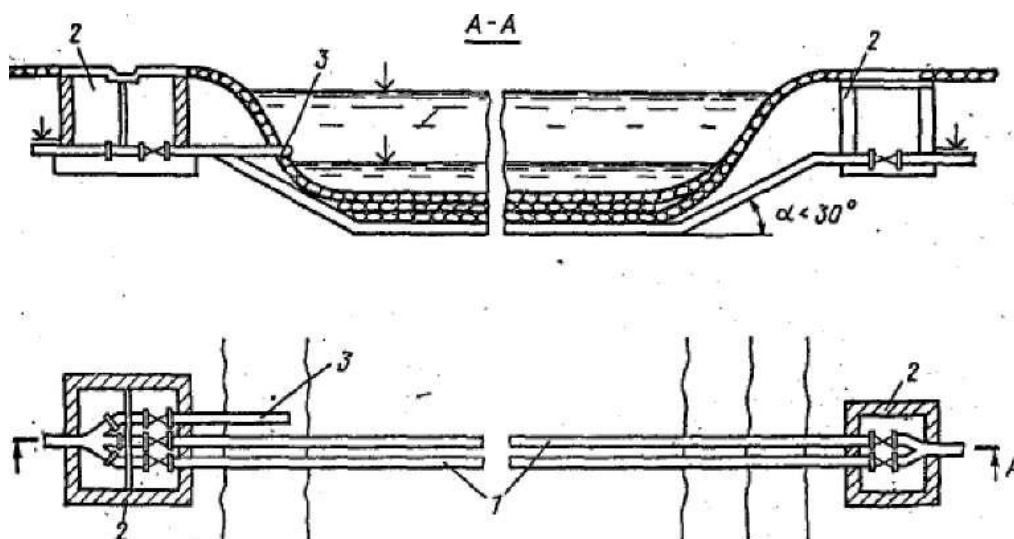
*1 - передня ріжуча частина; 2- козирок; 3 гідравлічні домкрати;  
4 - ребро жорсткості; 5 - середня опорна частина; 6 - опірні кільця;  
7 - задня частина*

*Рисунок 7.4 - Схема щита для підземного прокладання мереж*

### **7.8 Переходи водопровідних ліній через річки, дороги і яри**

При перетинанні водопровідних ліній із залізницями й автомобільними дорогами їх прокладають по мостах, у водопропускних трубах під насипами або в шляхопроводах. При неможливості такої прокладки водопровідні лінії I та II категорії прокладають у футлярі, який представляє собою трубу більшого діаметра. Футляр охороняє полотно дороги від руйнування у випадку розриву водопровідної лінії й дозволяє робити її ремонт без припинення руху.

При перетинанні яра або річки трубопровід укладають по дну у вигляді так званого дюкера (рис. 7.5). Для запобігання вимивання ґрунту з-під трубопроводів його укладають у траншеї на глибині не менш 0,5 м від поверхні дна ріки до верху труби.



1 - дюкер; 2 - камера перемкнення; 3 - випуск

Рисунок 7.5 - Схема влаштування дюкера:

Дюкер споруджують зі сталевих труб у дві нитки, дотримуючись відстані між ними не менш 1,5 м. Оскільки ремонт дюкера робити дуже складно, необхідно забезпечити його високу надійність. При гідравлічному розрахунку дюкера приймають збільшені швидкості руху води в трубах до 2-2,5 м/с, щоб не допустити утворення в них осаду. Тому діаметр кожної лінії повинен бути менше діаметра основного трубопроводу.

Якщо за напрямом траси водовода є міст, то водовод прокладають по цьому мосту. Найчастіше трубопровід підвішують на металевих підвісках до проїзної частини мосту або під тротуаром у такому місці, щоб він був доступний для огляду й ремонту. При цьому з метою запобігання замерзання трубопровід утеплюють тепло ізолюючими матеріалами і покривають зверху толем або покрівельним оцинкованим залізом.

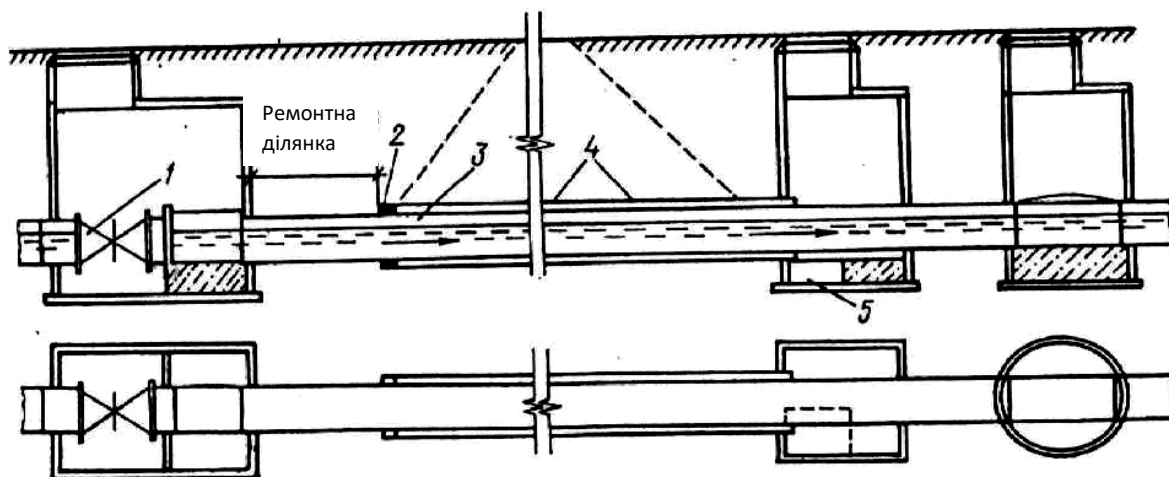
**Естакади.** Естакади влаштовуються при перетинанні самопливних трубопроводів з ярами, коли трубопровід розташований значно вище перешкоди.

Естакада являє собою мостовий перехід, по якому укладають самопливний трубопровід. Його роблять з ухилом із металевих або поліетиленових труб в утепленому футлярі для захисту від промерзання. При великій довжині естакади замість колодязів встановлюють ревізії для очищення труб. По естакадах і мостах можуть укладатися або підвішуватися напірні трубопроводи в утеплених футлярах.

**Переходи під залізницями і автомобільними дорогами.** При перетинанні водовідвідних трубопроводів залізниць або автомобільних доріг можна влаштовувати дюкери або переходити прямолінійними самопливними трубами, покладеними з ухилом. З метою запобігання залізничного й автодорожнього полотна від підмиву у випадку аварії трубопроводи укладають в сталевому кожусі на опорах. На трубопроводах по обидва боки переходу під залізницями передбачаються колодязі з установкою в них запірної арматури.

Якщо автомобільні дороги і залізниці проходять у глибоких виїмках, тоді переходи при перетинанні із самопливним трубопроводом можуть улаштовуватися у вигляді дюкера. У цьому випадку трубопроводи прокладають у металевих або залізобетонних футлярах, або здійснюють їх бетонування.

Якщо трубопроводи розташовуються нижче перешкоди, то перетинання виконується у вигляді самопливного трубопроводу (рис. 7.6) з посилених сталевих або залізобетонних труб, покладених у футлярі, непрохідних або прохідних тунелях.



1 - засувка; 2 - ремонтна ділянка; 3 - самопливний колектор;  
4 - футляр зі сталевих труб; 5 - пряминок

Рисунок 7.6 - Схема переходу самопливного колектора під залізницею або автомобільною дорогою у футлярі

Глибина закладання труби, футляра або тунелю повинна бути не менше 1 м - при відкритому способі провадження робіт і не менше 1,5 м - при закритому. Поперечні розміри футляра й тунелю залежать від способу виробництва і розмірів трубопроводу.

Кожухи і тунелі призначені для запобігання робочого трубопроводу від навантажень, що виникають при русі транспорту над ними. Футляри повинні влаштовуватися із протикорозійною ізоляцією.

### **Питання для самоконтролю**

1. Як проектують міські інженерні мережі різного призначення ?
2. Що необхідно враховувати при трасуванні магістральних мереж?
3. Де можна розміщувати підземні мережі на вулицях міст?
4. Наведіть схеми раціонального розміщення підземних мереж на широких і вузьких вулицях міст.
5. Приведіть орієнтовані відстані підземних мереж різного призначення.
6. Визначить найменшу глибину закладання підземних мереж.
7. Вкажіть способи прокладання міських інженерних мереж.
8. Назвіть недоліки і переваги різних методів прокладання мереж
9. Які особливості є при прокладанні мереж у загальних колекторах?
10. Що таке безтраншейні методи будівництва трубопроводів?
11. Поясніть метод прокладання мереж у футлярах.
12. У яких випадках треба застосовувати щитовий спосіб прокладання інженерних мереж?



## РОЗДІЛ 8. ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ

### 8.1 Захист інженерних систем і споруд від руйнування у випадку виникнення вибуху

Практика експлуатації показала, що утворення вибухонебезпечних концентрацій сумішей відбувається досить швидко і не завжди представляється можливим уникнути вибуху. Тому нарівні з заходами для запобігання вибуху технологічного порядку вживають заходи по захисту інженерних систем і споруд від руйнування у випадку виникнення вибуху.

Для оцінки наслідків можливого вибуху, потрібно знати надлишковий тиск, що розвивається при вибуху в об'ємі приміщення.

Розглянемо випадок вибуху газо- чи пароповітряної суміші. Нехай у цій суміші вибухонебезпечною є речовина, у складі якої присутні вуглець, водень, кисень, азот, галогени. Для цього випадку надлишковий тиск вибуху, кПа:

$$P_e = 0,333 \cdot (P_m - B)(1 + 4,84 \cdot \beta)m \cdot z / V \cdot \rho, \quad (8.1)$$

де  $P_m$  – максимальний тиск вибуху при стехіометричному співвідношенні горючої речовини й окислювача, кПа;

$B$  – атмосферний тиск, кПа;

$\beta$  – безрозмірний коефіцієнт, що залежить від складу горючої речовини;

$m$  – маса газу чи пару, кг;

$z$  – коефіцієнт участі (для газів  $z = 0,5$ , для пару  $z = 0,3$ );

$V$  – вільний об'єм приміщення, м<sup>3</sup>;

$\rho$  – густина газу чи пари за нормальних умов (таблиця 8.1), кг/м<sup>3</sup>.

Максимальний тиск вибуху знаходиться по формулі, кПа [9]:

$$P_m = B \cdot T_z \cdot M / (T_o \cdot N), \quad (8.2)$$

де  $T_z$  – теоретична температура горіння речовини (таблиця 8.2), К;

$T_o$  – початкова температура суміші, К;

$M$  – число молів початкової суміші;

$N$  – число молів продуктів вибуху.

Коефіцієнт, що залежить від складу речовини:

$$\beta = C + 0,25 \cdot H - 0,25 \cdot G - 0,5 \cdot K, \quad (8.3)$$

де  $C$ ,  $H$ ,  $G$ ,  $K$  – кількість у молекулі горючої речовини атомів відповідно вуглецю, водню, галогенів, кисню.

Таблиця 8.1 - Густина газів за нормальних умов

Газ	Формула	Густина, кг/м <sup>3</sup>
Аміак	NH <sub>3</sub>	0,771
Водень	H <sub>2</sub>	0,090
Оксид вуглецю	CO	1,250
Сірководень	H <sub>2</sub> S	1,539
Метан	CH <sub>4</sub>	0,717
Етан	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	1,356
Пропан	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	2,004
Бутан	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	2,703
Пентан	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	3,457
Етилен	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	1,261
Ацетилен	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	1,171
Пропилен	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	1,879

Таблиця 8.2 - Нижча робоча теплота згоряння Q<sub>p</sub><sup>н</sup> і теоретична температура горіння t<sub>г</sub> деяких газів

Газ	Q <sub>p</sub> <sup>н</sup> , МДж/м <sup>3</sup>	t <sub>г</sub> , °C
Ацетилен	56	2620
Бутан	119	2115
Водень	10,75	2230
Метан	35,8	2030
Оксид вуглецю	12,65	2370
Пентан	146,5	2120
Пропан	91,5	2125
Пропилен	85,7	2210
Сірководень	23,4	1850
Сірковуглець	47,7	1990
Етан	64	2100
Етилен	59,1	1993

У випадку, якщо в складі речовини присутні інші елементи, чи є суміш горючих речовин, для визначення надлишкового тиску вибуху застосовується формула, кПа:

$$P_{\epsilon} = 0,33 \cdot m \cdot Q \cdot V \cdot z / (V \cdot \rho_{\epsilon} \cdot T_0), \quad (8.4)$$

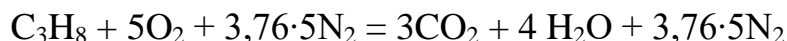
де  $Q$  – нижча робоча теплота згоряння речовини або суміші (табл. 8.2), кДж/кг;

$\rho_{\epsilon}$  – густина повітря за робочих умов, кг/м<sup>3</sup>.

**Приклад 8.1.** Визначити надлишковий тиск, що розвивається при вибуху 5кг пропану у виробничому приміщенні з вільним об'ємом 30м<sup>3</sup>. Температура повітря в приміщенні 15°С, атмосферний тиск 100 кПа.

**Рішення.** Надлишковий тиск вибуху визначимо за формулою (8.2), якщо для пропану  $\rho = 2,004 \text{ кг/м}^3$  (табл.8.1);  $z = 0,5$ .

При складанні реакції горіння враховуємо, що на 1 моль кисню в повітрі приходить 3,76 молей азоту:



Звідси  $M = 24,8$ ,  $N = 25,8$ .

Теоретична температура горіння по довідковим даним (табл. 8.2):  $T_f=2398\text{K}$ . Максимальний тиск вибуху:

$$P_m = 100 \cdot 2398 \cdot 24,8 / (288 \cdot 25,8) = 800,37 \text{ кПа.}$$

$$\beta_{\text{C}_3\text{H}_8} = C + 0,25 \cdot H = 3 + 0,25 \cdot 8 = 5.$$

Отже,

$$P_g = 0,333(800,37 - 100)(1 + 4,84 \cdot 5) \cdot 0,5 / (30 \cdot 2,004) = 244,4 \text{ кПа.}$$

**Задача 8.1.** Знайти надлишковий тиск вибуху виходячи з даних наведених у таблиці 8.3. Атмосферний тиск – 750 мм рт. ст.

**Задача 8.2** Знайти надлишковий тиск вибуху для окремої речовини чи суміші, маса яких наведена у таблиці 8.4. Вільний об'єм приміщення 750 м<sup>3</sup>.

Таблиця 8.3 – Вихідні данні для задачі 8.1

№ вар.	Речовина	Маса газу чи пару, кг	Вільний об'єм приміщення, м <sup>3</sup>	Початкова температура суміші, °С
1	Водень	10	120	20
2	Оксид вуглецю	4	200	25
3	Пропан	3	140	27
4	Метан	7	100	18
5	Етан	2,5	60	15
6	Бутан	5	80	22
7	Пентан	20	250	28
8	Етилен	30	500	12
9	Ацетилен	15	240	32
10	Пропилен	1,5	150	16

Таблиця 8.4 – Вихідні данні для задачі 8.2

№ вар.	Речовина чи суміш	Атмосферний тиск, кПа	Маса, кг	Температура повітря, °С
1	Сірководень	99,5	2,3	22
2	Сірковуглець	98	4	18
3	50%CH <sub>4</sub> + 50%H <sub>2</sub>	100	7	24
4	40%C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> + 60%CO	101,2	11	23
5	30%C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> + 70%C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	100,8	14	20
6	20%CO + 80%H <sub>2</sub>	102,3	3	25
7	30%CH <sub>4</sub> + 30%C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> + 40%CO	101,8	6	21
8	10%H <sub>2</sub> S + 15%C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> + 75%C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	102,2	15	19
9	70%C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> + 30%H <sub>2</sub>	100,3	1,5	18
10	50%H <sub>2</sub> + 40%CO + 10%H <sub>2</sub> S	98,8	1	23

**Задача 8.3.** Приміщення відносять до вибухонебезпечних, якщо надлишковий тиск вибуху в ньому може перевищувати 5 кПа. Використовуючи умови задачі 8.2 визначити максимальну масу речовини чи суміші, для якої приміщення не буде вважатися вибухонебезпечним.

## 8.2 Захист від шуму

Фізичні величини, що характеризують звук: інтенсивність, звуковий тиск, частота. Проте, в акустиці частіше мають справу не з абсолютними значеннями інтенсивності і звукового тиску, а з їх рівнями.

Рівень інтенсивності звукового тиску, дБ:

$$L_p = 20\lg(P/P_0), \quad (8.5)$$

де  $P$  - даний звуковий тиск, Па;

$P_0$  - звуковий тиск на порозі чутності при частоті 1000 Гц,  $P_0 = 2 \cdot 10^{-5}$  Па.

Рівень інтенсивності звуку, дБ:

$$L_I = 10\lg(I/I_0), \quad (8.6)$$

де  $I$  - дана інтенсивність звуку, Вт/м<sup>2</sup> ;

$I_0$  - інтенсивність на порозі чутності при частоті 1000 Гц,  $I_0 = 10^{-12}$ Вт/м<sup>2</sup>.

Для різних видів діяльності, приміщень і територій установлені гранично допустимі рівні звукового тиску (ГДР) в октавних діапазонах частот у дБ, а також гранично допустимі рівні звуку в дБА (при вимірі в широкому діапазоні частот). Якщо  $j$  -е джерело на відкритому просторі створює в даній точці рівень звукового тиску  $L_j$ , то сумарний рівень інтенсивності від  $n$  однакових джерел у цій точці складе, дБ:

$$L_{\Sigma} = 10 \lg(\Sigma 10^{0,1L_j}) \quad (8.7)$$

Якщо відомий рівень інтенсивності звуку, створюваний  $i$ -м джерелом на відстані одного метра від нього,  $L_i$ , то рівень інтенсивності від  $n$  джерел у заданій точці, що знаходиться на відкритому просторі (без урахування відбитого звуку), визначається по формулі, дБ:

$$L_{\Sigma} = 10 \lg(\Sigma X_i \Phi_i 10^{0,1L_i} / S_i), \quad (8.8)$$

де  $X_i$  - коефіцієнт, що враховує вплив ближнього акустичного поля; він залежить від відношення розміру джерела звуку до відстані від нього до даної точки;

$\Phi_i$  - фактор спрямованості, що враховує нерівномірність поширення звуку в різні сторони;

$S_i$  - площа сферичної поверхні з центром у джерелі звуку, що проходить через дану точку.

У випадку, якщо розміри джерела значно менше відстані до нього (джерело точкове) і звук поширюється в усі сторони рівномірно, можна вважати:

$$X_i \Phi_i / S_i \approx 1/r_i^2, \quad (8.9)$$

де  $r_i$  - відстань від  $i$ -го джерела до даної точки.

Тоді рівняння (8.8) прийме вид:

$$L_{\Sigma} = 10 \lg(\Sigma 10^{0,1L_i} / r_i^2) \quad (8.10)$$

Якщо джерела звуку розташовані в приміщенні, необхідно враховувати відбитий звук.

Звукова хвиля, що падає на яку-небудь поверхню, частково відбивається цією поверхнею і частково поглинається. Поглинання звуку характеризується коефіцієнтом звукопоглинання:

$$\alpha = E_{\text{погл}}/E_{\text{пад}}, \quad (8.11)$$

де  $E_{\text{пад}}$  - звукова енергія, що падає на поверхню;

$E_{\text{погл}}$  - поглинена звукова енергія.

Середній коефіцієнт звукопоглинання приміщення:

$$\bar{\alpha} = (\sum \alpha_i F_i)/F, \quad (8.12)$$

де  $\alpha_i$  - коефіцієнт звукопоглинання і-й поверхні;

$F_i$  - площа і-й поверхні (стіни, підлоги, стелі, вікон і т.д.), м<sup>2</sup>;

$F = \sum F_i$  - сумарна площа поверхонь, що обгороджують, м<sup>2</sup>.

З урахуванням відбитого звуку рівняння (16) прийме вид:

$$L_{\Sigma} = 10 \lg [\sum (X_i \Phi_i / S_i 10^{0,1L_i}) + (4\psi/V) \sum 10^{0,1L_i}], \quad (8.13)$$

де  $V$  - постійна приміщення, м<sup>3</sup>;

$\psi$  - коефіцієнт, що враховує порушення дифузності акустичного поля (табл.8.5).

Таблиця 8.5 - Залежність коефіцієнта, що враховує порушення дифузності звукового поля  $\psi$  від середнього коефіцієнта звукопоглинання  $\alpha$

$\alpha$	$\leq 0,1$	0,15	0,2	0,3	0,4	0,5
$\psi$	1	0,93	0,83	0,72	0,63	0,54

Постійна приміщення:

$$V = \bar{\alpha} F / (1 - \bar{\alpha}) \quad (8.14)$$

Приблизно постійну приміщення можна також знайти за рівнянням:

$$V = V_{1000\mu} \quad (8.15)$$

Частотний множник  $\mu$  і  $V_{1000}$  - постійна приміщення для частоти 1000 Гц, надані в таблицях 8.6 та 8.7.

Таблиця 8.6 - Частотний множник  $\mu$  в октавних частотних діапазонах

Об'єм приміщення, м <sup>3</sup>	Діапазони із середньгеометричними частотами, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
< 200	0,8	0,75	0,7	0,8	1	1,4	1,8	2,5
200...1000	0,65	0,62	0,64	0,75	1	1,5	2,4	4,2
> 1000	0,5	0,5	0,55	0,7	1	1,6	3	6

Таблиця 8.7 – Постійна приміщення для частоти 1000 Гц

Тип приміщення	Постійна приміщення, $V_{1000}$ , м <sup>2</sup>
А - з невеликою кількістю людей, твердими поверхнями (металообробні і металургійні цехи, машинні зали)	$V^*/20$
Б - з великою кількістю людей і твердими меблями (лабораторії)	$V/10$
В - з великою кількістю людей і м'якими меблями (аудиторії навчальних закладів, КБ)	$V/6$
Г - зі звукопоглинаючим облицюванням	$V/1,5$

\*  $V$  – об'єм приміщення, м<sup>3</sup>.

Рівняння (8.13) спрощується для точкового рівномірного джерела:

$$L_{\Sigma} = 10 \lg [\Sigma (10^{0,1L_i} / r_i^2) + (4\psi/V) \Sigma 10^{0,1L_i}] \quad (8.16)$$

Одним зі способів захисту від шуму є звукоізоляція, що заснована на відбитті звуку. Звукоізольовують робочі місця (звукоізольовані кабінки), агрегати, що шумлять (звукоізольовуючі кожухи), чи приміщення, суміжні з шумними.

Розглянемо зниження шуму одношаровим плоским огороженням з бетону, залізобетону, цегли, чи керамічних блоків.

Якщо частота звуку менша за критичну, таке зниження можна розрахувати по рівнянню, дБ:

$$R_n = 20 \lg m - 12, \quad (8.17)$$

де  $m$  - поверхнева маса огороження, кг/м<sup>2</sup>.

Якщо частота звуку  $f$  перевищує критичне значення  $f_k$ , використовується наступне рівняння, дБ:

$$R_b = R_n + 24,9 \lg(f/f_k) \quad (8.18)$$

Критичне значення частоти залежить від матеріалу огороження і його товщини  $\delta$ , м. Значення  $f_k$  можна приблизно знайти по рівнянню, Гц:

$$f_k = b - 257\delta \quad (8.19)$$

де  $b$  - коефіцієнт, рівний для бетону 117, для залізобетону 107, для цегли 97, для керамічних блоків 87.

**Приклад 8.2.** Устаткування створює рівень інтенсивності звуку 90 дБ на відстані 10 м. Визначити, на якій відстані від устаткування можна знаходитися без застосування захисних засобів, вважаючи, що ГДР складає 80 дБ:

а) устаткування знаходиться на відкритому просторі;

б) устаткування знаходиться в приміщенні розмірами 100×50 м, висотою 10 м, із середнім коефіцієнтом звукопоглинання навколишніх поверхонь  $\alpha = 0,1$ .

**Рішення.** З рівняння (8.10) для одного джерела звуку одержуємо:

$$L_r = 10 \lg(10^{0,1L'/r^2}) = L' - 20 \lg r,$$

де  $r$  - відстань до джерела звуку, м;

$L_r$  - рівень інтенсивності звуку на цій відстані, дБ;

$L'$  - рівень інтенсивності звуку на відстані 1 м.

Звідси:

$$L' = L_r + 20 \lg r = 90 + 20 \lg 10 = 110 \text{ дБ}$$

Позначивши припустимий рівень інтенсивності звуку  $L_d = 80$  дБ, одержимо припустиму відстань для відкритого простору:

$$L_d = L' - 20 \lg r_d;$$

$$r_d = 10^{(L' - L_d)/20} = 10^{(110 - 80)/20} = 17,8 \text{ м}$$

Знаходимо сумарну площу конструкцій, що обгороджують, м<sup>2</sup>:

$$F = 2[100 \cdot 50 + (100 + 50)10] = 13000.$$



Постійна приміщення, м<sup>2</sup>:

$$B = 0,1(13000/(1 - 0,1) = 1444.$$

З табл. 8.5 коефіцієнт  $\psi = 1$ . З рівняння (8.15):

$$L_d = 10 \lg(10^{0,1L'} / r_d^2 + 4\psi 10^{0,1L'} / B)$$

$$10^{0,1L_d} = 10^{0,1L'} / r_d^2 + 4\psi 10^{0,1L'} / B$$

$$r_d = [10^{0,1L'} / (10^{0,1L_d} - 4\psi 10^{0,1L'} / B)]^{0,5} = [10^{11} / (10^{8,0} - 4 \cdot 10^{11} / 1444)]^{0,5} = 50,5 \text{ м.}$$

**Задача 8.4.** У приміщенні з внутрішнім об'ємом 2000 м<sup>3</sup> є 3 однакових джерела звуку, що створюють кожний на відстані 1 м рівень інтенсивності L (див. табл. 8.8). Відстані робочого місця від джерел звуку складають r<sub>1</sub>, r<sub>2</sub>, r<sub>3</sub>. Середній коефіцієнт звукопоглинання поверхонь будівельних конструкцій і устаткування –  $\alpha$ . Визначити рівень інтенсивності звуку на робочому місці і порівняти з припустимим.

Таблиця 8.8 – Вихідні дані для умов задачі 8.4

№ варіанту	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
L, дБ	100	80	90	80	85	82	70	105	75	88
r <sub>1</sub> , м	3	2	5	3	5	7	8	10	4,5	9
r <sub>2</sub> , м	4	4	5	4	5	7	10	10	9	9
r <sub>3</sub> , м	4	6	6	7	5	10	12	10	11	14
$\alpha$	0,1	0,05	0,15	0,2	0,25	0,1	0,17	0,4	0,08	0,5
Допустимі рівні звукового тиску	80	80	75	75	65	75	60	80	65	75
Тип приміщення (табл. 8.7)	А	Б	А	Б	В	Б	А	Г	Б	Г
Частота максим. гучності, Гц	400	250	500	800	300	200	440	600	750	1500

**Задача 8.5.** У приміщенні, розмірами 18×10 м і висотою 5 м, знаходиться джерело шуму, що створює на відстані 1 м рівень інтенсивності звуку L. Визначити рівень інтенсивності на відстані N м, якщо в приміщенні є устаткування, що займає 15 м<sup>2</sup> площі підлоги, вікна, загальною площею 12 м<sup>2</sup>, ворота, площею 25 м<sup>2</sup>. Загальна площа поверхні устаткування – 40 м<sup>2</sup>. Коефіцієнти звукопоглинання: устаткування – 0,03, вікон – 0,1, воріт – 0,2, стін –  $\alpha_c$ , підлоги –  $\alpha_{п}$ , стелі –  $\alpha_{ст}$ . Порівняти знайдений рівень із припустимим для звичайних робочих приміщень.

Таблиця 8.9 – Вихідні дані для умов задачі 8.5.

№ вар.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
L, дБ	80	85	90	95	100	105	110	75	70	65
$\alpha_c$	0,12	0,15	0,17	0,2	0,25	0,3	0,4	0,35	0,4	0,05
$\alpha_n$	0,25	0,2	0,25	0,3	0,25	0,28	0,5	0,4	0,5	0,05
$\alpha_{ст}$	0,08	0,1	0,15	0,1	0,12	0,15	0,2	0,25	0,3	0,05
N, м	5	6	7	4	8	7,5	9	5	6	4

### 8.3 Видалення шкідливих речовин з повітря робочої зони

Для видалення шкідливих речовин з повітря робочої зони застосовують вентиляцію. Вентиляція буває загальнообмінною (вентилується все приміщення) і місцевою (повітря виводиться чи подається на робоче місце). Вентиляція може переслідувати також мету видалення надлишків вологи.

Вплив на організм шкідливих речовин, що надходять через дихальні шляхи, залежить від їхньої концентрації в повітрі. Концентрація звичайно виражається в масі речовини, що міститься в одиниці об'єму повітря за нормальних умов, і вимірюється в мг/м<sup>3</sup>. Концентрація шкідливих речовин у повітрі не повинна перевищувати гранично допустиму.

Одним з методів зменшення концентрації шкідливих речовин у повітрі робочої зони є загальнообмінна вентиляція. Кількість повітря, яке необхідно видалити з приміщення протягом години (витрати вентиляційного повітря), визначається так [7]:

$$Q = M / (C_n - C_z), \text{ м}^3/\text{год}, \quad (8.20)$$

де  $M$  - кількість шкідливої речовини, що виділяється за одиницю часу у повітря приміщення, мг/год;

$C_n$  - концентрація речовини в повітрі приміщення, яку необхідно забезпечити (табл. 8.10), мг/м<sup>3</sup>;

$C_z$  - концентрація речовини в зовнішньому повітрі, мг/м<sup>3</sup>.

Кількість шкідливої речовини, що виділяється за одиницю часу у повітря приміщення у вигляді парів, може бути визначена за формулою:

$$M = 3600 \cdot 1000 \cdot W \cdot S, \text{ мг/год}, \quad (8.21)$$

де  $W$  - швидкість випару, г/м<sup>2</sup>с;

$S$  - площу випару, м<sup>2</sup>;

3600, 1000 – коефіцієнти для перекладу одиниць виміру.

Таблиця 8.10 – ГДК деяких речовин у повітрі робочої зони

Речовина	Формула	ГДК, мг/м <sup>3</sup>
Азоту діоксид	NO <sub>2</sub>	2
Аміак	NH <sub>3</sub>	20
Ангідрид сірчистий	SO <sub>2</sub>	10
Ангідрид сірчаний	SO <sub>3</sub>	1
Бром	Br <sub>2</sub>	0,5
Водень хлористий	HCl	5
Метан	CH <sub>4</sub>	300
Натрію гидроксид	NaOH	0,5
Озон	O <sub>3</sub>	0,1
Пентан	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	300
Ртуть	Hg	0,005
Свинець	Pb	0,005
Вуглецю оксид	CO	20
Хлор	Cl <sub>2</sub>	1
Етан	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	300

Робота вентиляційної установки звичайно характеризується кратністю вентиляції (нормою повітрообміну)  $n$ , яка показує скільки разів протягом години повітря в приміщенні цілком замінюється:

$$n = Q/V, \text{ год.}^{-1}, \quad (8.22)$$

де  $V$  - внутрішній об'єм приміщення, м<sup>3</sup>.

**Приклад 8.3.** Визначити кратність вентиляції, необхідну для видалення парів бензину з приміщення обсягом 500 м<sup>3</sup>. Бензин випаровується з відкритої циліндричної посудини діаметром 0,5м. Швидкість випару  $W = 0,1$  г/м<sup>2</sup>с. Концентрація пар бензину в зовнішньому повітрі  $C_3 = 50$  мг/м<sup>3</sup>.

**Рішення.** Визначимо площу випару, яка для циліндричної посудини діаметром  $D=0,5$ м визначається як площа круга:

$$S = \pi \cdot D^2 / 4 = 3,14 \cdot 0,5^2 / 4 = 0,196 \text{ м}^2.$$

Кількість парів бензину, що надходять у приміщення:

$$M = 3600 \cdot 1000 \cdot W \cdot S = 3600 \cdot 1000 \cdot 0,1 \cdot 0,196 = 70560 \text{ мг/год.}$$

Приймаємо що концентрація парів бензину в повітрі приміщення дорівнює ГДК, отже  $C_n = 100$ мг/м<sup>3</sup>. Тоді необхідні витрати вентиляційного повітря:

$$Q = 70560 / (100 - 50) = 1411 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Питома кратність вентиляції:

$$n = 1411 / 500 = 2,82 \text{ год.}^{-1}.$$

**Задача 8.6.** У виробничому приміщенні з внутрішнім об'ємом  $1800 \text{ м}^3$  працює вентиляційна установка, що підтримує концентрацію шкідливої речовини в повітрі робочої зони 80% від ГДК. Визначити інтенсивність виділення шкідливої речовини, виходячи із даних таблиці 8.6.

**Задача 8.7.** У виробничому приміщенні об'ємом  $V$  (див. табл. 8.7) знаходиться ємність з летучою рідиною. Площа випару –  $F$ , інтенсивність випару –  $W$ . У приміщенні працює загальна витяжна вентиляція з кратністю  $n$ . Визначити концентрацію пар рідини в повітрі робочої зони, якщо її концентрація в зовнішньому повітрі –  $C_{\text{н}}$ .

Таблиця 8.11 – Вихідні дані для задачі 8.6

№ варіанту	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Речовина	Бром	СО	Ртуть	Метан	NO <sub>2</sub>	Етан	Озон	Хлор	НСІ	NH <sub>3</sub>
Кратність вентиляції, год <sup>-1</sup>	4,5	2,5	10	3	5	0,5	8	1	2	1,5
Концентрація речовини в зовнішньому повітрі, мг/м <sup>3</sup>	0,05	8	0,001	10	0,15	10	0,025	0,35	1,3	2

Таблиця 8.12 – Вихідні дані для задачі 8.7

Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$V, \text{ м}^3$	2000	500	3500	450	1500	5000	250	7500	200	12000
$F, \text{ м}^2$	5	0,3	3	2	4	10	1,5	7,5	3	15
$W, \text{ г/м}^2\text{с}$	0,3	0,05	0,1	$10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-3}$	0,02	0,15	0,08	$3 \cdot 10^{-4}$	0,07
$n, \text{ год.}^{-1}$	20	7	6	2	3,5	15	25	10	12	1,5
$C_{\text{н}}, \text{ мг/м}^3$	50	5	12	0,2	3	1,5	20	1,2	1	10

## 8.4 Дослідження небезпеки електричних мереж

Аналіз небезпеки електричних мереж практично зводиться до визначення значення струму, що протікає через тіло людини в різних умовах. Ураження людини електричним струмом може наступити при [2]:

- двофазному і однофазному дотику до струмоведучих частин;
- дотику до заземлених не струмоведучих частин, які опинилися під напругою.

Двофазний дотик є найбільш небезпечним, так як людина опиняється під повною робочою або між двофазною (лінійною) напругою. Найбільше поширення має однополюсний (однофазний) дотик до струмоведучих частин, де значення струму, що проходить через людину, в трифазній мережі залежить насамперед від режиму нейтралі джерела живлення. Нейтраль джерела живлення може бути ізолювана або заземлена.

*Ізолюваною* - вважається система, коли нейтраль трансформатора, не приєднана до заземлюючого пристрою або приєднана через апарати, що компенсують ємнісний струм мережі.

*Заземленою* - називається нейтраль трансформатора, приєднана до заземлюючого пристрою безпосередньо або через малий опір.

Розглянемо найбільш поширені трифазні мережі з ізолюваною і заземленою нейтраллю.

1. *Мережі з ізолюваною нейтраллю.* Характерні тим, що струм замикання на землю і струм що тече через людину, котра доторкнулася фази, залежить від опору ізоляції і ємності фаз відносно землі. Ізоляція струмоведучих частин (проводів, обмоток, шин тощо) виконується з діелектриків. Внаслідок старіння ізоляції, зволоження та інших несприятливих умов питомий електричний опір її знижується. Тому на кожній ділянці довжини проводу ізоляція має кінцевий активний опір. Приймаємо, що ємність фаз відносно землі симетрична, а також симетричні опору ізоляції, тобто:  $c_1 = c_2 = c_3 = c$ ;  $r_1 = r_2 = r_3 = r$ .

Струм замикання, що проходить через людину в період дотику до однієї з фаз [2]:

$$I_h = \frac{U_\phi}{R_h + \frac{Z}{3}}, \text{ А}; \quad (8.23)$$

де  $U_\phi$  - фазна напруга, тобто напруга між початком і кінцем однієї обмотки, В;

$R_h$  - опір тіла людини, 1000 Ом;

$Z$  - комплекс повного опору однієї фази відносно землі, Ом;  
 $3$  – коефіцієнт.

Комплекс повного опору однієї фази відносно землі:

$$Z = \frac{1}{\frac{1}{r_{i3}} + \omega \cdot c}, \text{ Ом}, \quad (8.24)$$

де  $r_{i3}$  - опір ізоляції, Ом;

$\omega = 2\pi f$  - кутова частота змінного струму, рад/с;

$c$  - ємність фаз відносно землі, Ф (Фарад);

$f$  - частота струму, 50 Гц.

Фазну напругу можна знайти з виразу:

$$U_l = 1,73 U_\phi, \quad (8.25)$$

де  $U_l$  - лінійна напруга, тобто напруга між фазними проводами мережі, В;  
1,73 – коефіцієнт.

У мережах напругою до 1000 В малої протяжності ємність невелика і ємнісною провідністю можна знехтувати, тобто опір фази відносно землі дорівнює активному опору ізоляції, а струм через людину визначається з виразу, який показує важливе значення ізоляції як чинника безпеки [2]:

$$I_h = \frac{3U_\phi}{3R_h + r_{i3}}, \text{ А} \quad (8.26)$$

Чим вище опір ізоляції  $r_{i3}$ , тим менше струм, що проходить через людину.

2. *Трифазні мережі з заземленою нейтраллю.* Струм, що проходить через людину при однофазному дотику можна визначити із виразу:

$$I_h = \frac{U_\phi}{R_h + R_3}, \text{ А}, \quad (8.27)$$

де  $R_3$  - опір заземлення нейтралі, Ом.

Опір заземлення нейтралі не перевищує 10 Ом, тому ним можна знехтувати, а отже формула (8.23) набуває іншого вигляду:

$$I_h = \frac{U_\phi}{R_h}, \text{ А.} \quad (8.28)$$

Таким чином, в мережі із заземленою нейтраллю струм, що протікає через людину, не залежить ні від опору ізоляції, ні від ємності мережі відносно землі. Тут необхідно суттєво підвищувати безпеку опору взуття  $R_{вз.}$ , ґрунту (підлоги)  $R_n$  і інші додаткові опори ланцюга людини [3].

**Задача 8.8.** Визначити, яку трифазну мережу і з якою нейтраллю необхідно застосовувати в особливо небезпечних умовах навколишнього середовища (шахти, кабельні підвали, ділянки з підвищеною температурою повітря та ін). Частота струму - 50 Гц. Вихідні дані для розрахунку наведені в таблиці 8.7. Розрахунок провести для двох варіантів: в мережах з великою і з малої протяжності. Зробити висновки за результатами розрахунку з точки зору порогових значень струму.

Таблиця 8.13 – Вихідні данні для задачі 8.8

№ варіанту	Показники				
	Лінійна напруга мережі, В	Опір ізоляції кабелю, Ом	Ємність кабелю, ф/км	Протяжність кабельної мережі, км (м)	Рід струму
1	220	$10 \cdot 10^3$	$2 \cdot 10^{-7}$	1,5 (3)	перемінний
2	380	$100 \cdot 10^3$	$4 \cdot 10^{-6}$	2 (2)	постійний
3	660	$10 \cdot 10^6$	$2 \cdot 10^{-7}$	1,5 (10)	постійний
4	1000	$20 \cdot 10^4$	$4 \cdot 10^{-5}$	1 (20)	перемінний
5	127	100	$6 \cdot 10^{-6}$	0,5 (5)	постійний
6	400	$1 \cdot 10^3$	$0,1 \cdot 10^{-6}$	0,8 (10)	постійний
7	660	$20 \cdot 10^3$	$0,2 \cdot 10^{-6}$	2,5 (100)	постійний
8	420	$30 \cdot 10^3$	$0,4 \cdot 10^{-6}$	1 (20)	перемінний
9	380	$40 \cdot 10^3$	$10 \cdot 10^{-6}$	1,3 (3)	перемінний
10	220	$50 \cdot 10^3$	$100 \cdot 10^{-7}$	10 (10)	постійний

## 8.5 Безпека праці при виконанні ремонтних і допоміжних робіт

При ремонті мереж водопостачання і каналізації, очищенні та обвалуванні мулових майданчиків і т. п. доводиться виконувати земляні роботи. Під час земляних робіт у зоні розташування підземних комунікацій, електричних, телефонних і телеграфних кабелів, напірних трубопроводів і газопроводів повинен бути отриманий дозвіл від організацій, відповідальних за їхню експлуатацію. До початку робіт необхідно отримати інформацію про наявні комунікації і встановлені знаки, що вказують місця їхнього розташування. У місцях розташування лінії підземних комунікацій роботи ведуть під наглядом виконроба або майстра, а в безпосередній близькості від діючих електричних кабелів і газопроводів - у присутності працівників відповідного господарства. У зоні розташування підземних комунікацій роботи допускається виконувати тільки лопатами, не наносячи різких ударів. У таких випадках не дозволяється користуватись ударними інструментами, ломом, киркою, пневматичним молотком та іншими механізмами. При виявленні непередбачених раніше підземних споруд виконання земляних робіт варто призупинити до з'ясування характеру й приналежності цих споруд. Якщо необхідно - одержати дозвіл на ведення робіт від організацій, що експлуатують ці комунікації. Роботу потрібно зупинити також при виявленні вибухонебезпечних матеріалів.

Котловани й траншеї на вулицях, проїздах і дворах населених пунктів, а також, де відбувається рух людей і транспорту, обов'язково огорожують. На огорожах вивішують попереджувальні знаки й написи, а вночі встановлюють сигнальні ліхтарі. Через траншеї вкладають перехідні містки з поручнями. На мережах водопостачання і каналізації дозволяється обмежитись огороженням місць роботи переносними попереджувальними знаками. При необхідності введення обмежень у русі транспорту (організація одностороннього руху або повна його заборона) умови виконання робіт і установку дорожніх сигнальних знаків погоджують із ДАІ МВС. В якості огорожі застосовують дерев'яний бар'єр висотою 1,1 м, пофарбований у білий і червоний кольори паралельними горизонтальними смугами шириною по 0,13 м, суцільні щити висотою 1,2 - 1,3 м. На щитах вказують організацію, що виконує роботи, і номер телефону.

Вибір безпечного способу ведення земляних робіт значною мірою залежить від властивостей ґрунтів. У ґрунтах природної вологості при відсутності ґрунтових вод і розташованих поблизу підземних споруд риття котлованів і траншей з вертикальними стінками без кріплення дозволяється на глибину не більше: 1 м в піщаних й гравійних ґрунтах; 1,25 м - у супіщаних ґрунтах; 1,5 м - у суглинистих, глинистих і сухих лесових ґрунтах; 2 м - в



особливо щільних ґрунтах, які вимагають для розробки застосування ударних інструментів. Виробітку з більшою глибиною можна здійснювати без їхнього кріплення, якщо забезпечити допустимий ухил укосів (табл. 8.14).

Для попередження обвалення траншів і котлованів з вертикальними стінками застосовують кріплення різних типів (табл.8.15). Вибір типу кріплення залежить від глибини траншеї і ґрунту.

Таблиця 8.14 - Максимальна допустима крутість укосів котлованів і траншей у ґрунтах природної вологості

Види ґрунтів	Ухил укосу (відношення його висоти до закладення) при глибині виїмки не більше, м		
	1,5	3	5
Насипні не ущільнені	1:0,67	1:1	1:1,25
Піщані і гравійні	1:0,5	1:1	1:1
Супісок	1:0,25	1:0,67	1:0,85
Суглинок	1:0	1:0,5	1:0,75
Глина	1:0	1:0,25	1:0,5
Лес	1:0	1:0,5	1:0,5

Примітка. при нашаруванні різноманітних видів ґрунту ухил укосів для всіх шарів слід призначати за найбільш слабким видом ґрунту; при глибині виїмки більше 5 м ухил укосу встановлюється за розрахунком

Таблиця 8.15 - Види кріплення траншей із вертикальними стінками

Ґрунтові умови	Глибина, траншеї, м	Щити
Ґрунти природної вологості при відсутності або при незначному притоці ґрунтових вод	3	Із щілинами
Те ж саме	3-5	Суцільні
Ґрунти піщані і різні підвищеної вологості	Незалежно від глибини	Суцільні

Кріплення котлованів і траншей глибиною до 3 м повинні бути, як правило, інвентарними або їх варто виконувати згідно типових проектів. При відсутності інвентарю для кріплення котлованів і траншей глибиною до 3 м можна застосовувати дошки товщиною 50 мм у піщаних ґрунтах, а в ґрунтах підвищеної вологості - не менше 40 мм. Дошки закладають за вертикальні стійки щільно до ґрунту і закріплюють розпірками. Стійки встановлюють не рідше, ніж через 1,5 м, а розпирки кріплень - не більше, ніж через 1 м. Верхні дошки кріплень випускають над бровками не менше, ніж на 150 мм. Кріплення

котлованів і траншей глибиною понад 3 м виконується за індивідуальним проектом.

**Приклад 8.4.** Визначити товщину дощок дерев'яного кріплення траншеї глибиною 5,5 м і шириною 3 м у глинистих ґрунтах (об'ємна вага  $\gamma = 1,8 \text{ т/м}^3$ , сила зчеплення ґрунту  $c = 8 \text{ кПа}$ , кут внутрішнього тертя  $\varphi = 30^\circ$ ) із кріпильної дошки 3-го гатунку.

**Рішення.** Розрахунком міцності на згин визначаємо допустиму відстань  $l$  між стійками кріплень із формули розрахункового моменту сил для дошки із пиломатеріалу 3-го гатунку:

$$M_{розр} \leq m_g R_i W_{нт}, \text{ кЗ}\cdot\text{м}, \quad (8.29)$$

де  $m_g$  - коефіцієнт умов експлуатації ( $m_g = 0,85$ );

$R_i$  - розрахунковий опір на згин ( $R_i = 0,85 \text{ МПа}$  згідно табл. 3 СНІП II-25-80 «Дерев'яні конструкції»);

$W_{нт}$  - розрахунковий момент опору на згин поперечного перетину дошки.

$$W_{нт} = b t^2 \cdot 6, \quad (8.30)$$

де  $b$  і  $t$  - відповідно ширина і товщина дошки, м .

Визначаємо максимальний момент на згин у перетині елемента - дошки горизонтальної обшивки, розглянувши її як вільно лежачу балку, від дії рівномірно розподіленого навантаження:

$$M_{max} = 0,1 q_1 l^2, \text{ кЗ}\cdot\text{м}, \quad (8.31)$$

де  $q_1$  - рівномірно розподілене навантаження, яке дорівнює:

$$q_1 = \gamma h - \frac{2c}{\gamma \theta} \theta^2 b,$$

$$\text{де } \theta = \text{tg } 45^\circ - \varphi \cdot 2, \text{ при } \varphi = 30^\circ \theta = 0,58 \text{ і } \theta^2 = 0,34. \quad (8.32)$$

Виходячи із умови міцності  $M_{max} < M_{розр}$ , складаємо рівняння:

$$0,1 q_1 l^2 \leq m_g R_i W_{нт}, \quad (8.33)$$

з якого визначаємо відстань між стійками  $l$ :

$$l^2 \leq 1,66 \frac{m_B R_i t^2}{\gamma h - h_c \theta^2}, \quad (8.34)$$

де  $h_c$  - розрахункова глибина вертикальної стінки траншеї, що не потребує кріплення,  $h_c = 2c$  ув.

В кінцевому вигляді рішення для визначення розрахункової відстані між стійками запишеться у такому вигляді

$$l \leq 1,3 \frac{t}{\theta} \sqrt{\frac{m_B R_i}{\gamma h - h_c}}, \quad (8.35)$$

Підставивши числові значення, отримаємо:

$$l = 1,3 \frac{5}{0,58} \sqrt{\frac{0,85 \cdot 850}{1,8 \cdot 3,97}} = 112,6 \text{ см},$$

Аналіз отриманих даних показує, що кріплення траншеї із відстанню між стійками 1 м є незручним для виконання робіт і являється економічно не вигідним. Приймаємо відстань між стійками 1,5 м.

Визначаємо товщину дощок (брусів) при відстані між стійками 1,5 м (для зв'язаних ґрунтів):

$$t \geq 0,77 t_g \sqrt{45^\circ - \varphi} \sqrt{\frac{\gamma h - h_c}{m_B R_i}} l,$$

звідки

$$t = 0,77 \cdot 0,58 \sqrt{\frac{1,8 \cdot 3,97}{0,85 \cdot 850}} \cdot 1,50 = 6,75 \text{ см} \quad (8.36)$$

Приймаємо для нижнього ярусу дерев'яний брус перетином 70x70 мм. Для влаштування кріплення з економічно обґрунтованою товщиною дощок (брусків) формулу (8.8) вирішуємо відносно величини  $t$  для заданих в задачі умов через визначаючий параметр  $H$  - глибину виїмки:

$$t \geq 3,34 \cdot 10^{-2} \sqrt{h - h_c}, \quad (8.37)$$

Аналіз формули (8.9) показує, що до глибини  $H = 1,53$  м траншею можна виконувати без кріплення. До цієї глибини зашивку виконуємо із дощок товщиною 25 мм для виключення можливого обсіпання ґрунту в траншею.

Визначимо розрахункову глибину, до якої можливе використання дощок товщиною  $t$ , см із умов цієї задачі:

$$h_{\text{розр}} \leq 8,97 \cdot 10^{-2} \cdot t^2 + h_c, \quad (8.38)$$

Числові значення цієї задачі для зв'язаних ґрунтів отримаємо, підставляючи величини  $t = 5$  см і  $t = 4$  см.

При  $t = 5$  см

$$h_{\text{розр}} \leq 8,97 \cdot 10^{-2} \cdot 5^2 + 1,53 = 3,77 \text{ м,}$$

при  $t = 4$  см

$$h_{\text{розр}} \leq 8,97 \cdot 10^{-2} \cdot 4^2 + 1,53 = 2,96 \text{ м.}$$

У проекті влаштування конструкції кріплення траншеї глибиною 5,5 м, яка влаштовується у глинистих ґрунтах, приймаємо обґрунтовану розрахунками багатоярусну конструкцію зашивки із товщиною елементів для ярусу:

- 1-го (від відмітки -5,5 до -3,5) брус перерізом 70x70 мм<sup>2</sup> ;
- 2-го (від відмітки -3,5 до -2,5) дошку товщиною 50 мм ;
- 3-го (від відмітки -2,5 до -1,5) дошку товщиною 40 мм ;
- 4-го (від відмітки -1,5 до поверхні землі) дошку товщиною 25 мм.

Розрахунки показують, що прийняте рішення дозволить зменшити витрати пиломатеріалів на 30%.

**Задача 8.9.** Визначити товщину дощок дерев'яного кріплення траншеї глибиною  $(2,5 + 0,4 n)$  м (де  $n$  – номер варіанту студента за списком) і шириною  $(2 + 0,1 n)$  м у глинистих ґрунтах (об'ємна вага  $\gamma = 1,8$  т/м<sup>3</sup>, сила зчеплення ґрунту  $c = 8$  кПа, кут внутрішнього тертя  $\phi = 40^\circ$ ) із кріпильної дошки 3-го гатунку.

## ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ

- 1 Що включає інженерне забезпечення населеного пункту?
- 2 Що входить в номенклатуру інженерних мереж та споруд ?
- 3 Поясніть класифікацію інженерних мереж.
- 4 Укажіть основні споруди на інженерних мережах.
- 5 Надати схеми інженерних мереж, які прокладають на території міста.
- 6 Які засоби небезпеки виконуються під час робіт в охоронній зоні ліній електропередач?
- 7 Принципи вибору систем і схем раціонального водопостачання.
- 8 Які труби необхідно використовувати для водопровідних мереж?
- 9 Для чого використовується арматура і її призначення?
- 10 Де встановлюється запобіжна арматура ,її устрій і розрахунки?
- 11 Засоби захисту трубопроводів від гідравлічного удару.
- 12 Які типи споруд встановлюють на водопровідних мережах?
- 13 Основні вимоги до безпеки праці при прокладанні водопровідних мереж.
- 14 Наряд-допуск і вимоги безпеки під час роботи у водопровідних колодязях.
- 15 Принципи вибору схем водовідведення.
- 16 Наведіть раціональні схеми трасування каналізаційних мереж.
- 17 Які типи колодязів встановлюють на мережах водовідведення?
- 18 Правила безпеки праці у каналізаційних колодязях та тунелях.
- 19 Основні ознаки класифікації систем централізованого тепlopостачання.
- 20 Устрій та призначення теплових пунктів.
- 21 Визначення надійності труб для прокладки теплових мереж.
- 22 Схеми переходів при прокладці тепломереж через природні і штучні перешкоди.
- 23 Види і призначення компенсаторів трубах теплових мереж.
- 24 Особливості безпеки праці при прокладанні теплових мереж.
- 25 Типи газопроводів в залежності від рівня тиску.
- 26 Які труби і обладнання використовують на газопроводах?
- 27 Типи арматури, що встановлюють на газопроводах.
- 28 Призначення і принцип дії конденсато- збірника.
- 29 Особливості компенсаторів на газопроводах.
- 30 Устрій і призначення компресорної станції.

- 31 Вимоги охорони праці при прокладанні газових мереж.
- 32 Правила безпеки при ремонтах та експлуатації розподільних станцій і регуляторних пунктів.
- 33 Небезпеки і шкідливості при роботі у газових колодязях.
- 34 Принципова схема електропостачання міста і підприємства.
- 35 Категорії електропостачання міста.
- 36 Особливості прокладки електрокабелів через перешкоди.
- 37 Основні вимоги безпеки праці при прокладанні підземних кабелів.
- 38 Види переходів для водо і енергопостачання через залізничні і автомобільні дороги.
- 39 Устрій надземних і підземних переходів.
- 40 Особливості перетинання перешкод тепловими і електричними мережами.

## ЛІТЕРАТУРА

1. **Абракітов В. Е.** Курс лекцій «Безпечна експлуатація інженерних систем і споруд» (для студентів 4 курсу денної форми навчання галузь знань 1702 – «Цивільна безпека» напряму підготовки 6.170202 - Охорона праці) / В. Е. Абракітов; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. - Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2016. - 76 с.
- 2 **Гіроль М.М., Бернацький М.В, Хомко В.Є.** Охорона праці у водопровідно-каналізаційному господарстві. Навчальний посібник. /За ред. М.М. Гіроля / - Рівне: НУВГП, 2010 - 351 с. іл.
- 3 **Орлов В.О.,Шадура В.О.,Филипчук В.Л.** Міські інженерні мережі та споруди: Навчальний посібник- Рівне: НУВГП, 2011 - 200 с. .
- 4 **Музалевская Г.И.** Инженерные сети городов и населенных пунктов: Учебное пособие. - М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2006. - 148 с.
- 5 **Ткачук О.А., Шадура В.О.** Водопровідні мережі: Навчальний посібник. - Рівне: НУВГП, 2004. - 117 с.
- 6 **Єнін П.М., Шишко Г.Г., Предун К.М.** Газопостачання населених пунктів і об'єктів природнім газом. Навчальний посібник.- К: Логос, 2002. -198 с.
- 7 ДБН В.2.5-75:2013 «Каналізація зовнішні мережі та споруди»
- 8 ДБН В 2.5-20-2001 «Інженерне обладнання будинків і споруд. Газопостачання»
- 9 НПАОП 41.0-1.01-79. Правила техніки безпеки при експлуатації систем водопостачання та водовідведення населених місць.
- 10 НПАОП 60.1-1.01-04. Правила охорони праці під час експлуатації водопровідно-каналізаційних споруд на залізничному транспорті.
- 11 НПАОП 0.00-1.20-98. Правила безпеки систем газопостачання України.
- 12 ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування.
- 13 НПАОП 64.2-1.07-96. Правила безпеки при роботах на кабельних лініях зв'язку і дротяного мовлення
- 14 НПАОП 40.1-1.21-98. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів.
- 15 НПАОП 40.1-1.02-01. Правила безпечної експлуатації тепло-механічного обладнання електростанцій і теплових мереж.
- 16 НПАОП 0.00-2.24-05. Перелік робіт з підвищеною небезпекою.
- 17 **Деркач І. Л.** Міські інженерні мережі: Навч. посіб. / І. Л. Деркач. - Харків: ХНАМГ, 2006. - 97 с.

- 18 **Абрамович И. А.** Сети и сооружения водоотведения : Расчет, проектирование, эксплуатация /И. А. Абрамович. - Харків : Коллегиум, 2005. - 288 с.
- 19 **Шульга М. О.** Енергопостачання міст / М. О. Шульга, И. О. Бережнов. - Київ : ІСДО, 1993. - 228 с.
- 20 **Бережнов И. О.** Улаштування і експлуатація теплових і газових мереж / И. О. Бережнов, М. О. Шульга. - Київ : НМК ВО, 1992. - 124 с.
- 21 **Федоров Н. Ф.** Канализационные сети. Примеры расчетов : Учеб. пос. для ВУЗов / Н. Ф. Федоров, А. М. Курганов, М. И. Алексеев. - 3-е изд. - Москва : Стройиздат, 1985. - 223 с.
- 22 **Тугай А. М.** Розрахунок і проектування систем водопостачання : навч. посіб. / А. М. Тугай, В. О. Терновцев, Я. А. Тугай. - Київ : КНУБА, 2001. - 254 с.
- 23 Постанова КМУ від 24 червня 2016 р. №461. Про затвердження списків виробництв, робіт ,професій, посад і показників ,зайнятість в яких дає право на пенсію за віком на пільгових умовах



*Методичне видання*

**В. К. Тарасов**

*к.т.н., доцент*

**Г. Б. Кожемякін**

*к.т.н., професор*

**І. О. Кутузова**

*старший викладач*

## **БЕЗПЕЧНА ЕКСПЛУАТАЦІЯ ІНЖЕНЕРНИХ СИСТЕМ І СПОРУД**

**Навчально-методичний посібник**

*для студентів ЗДІА*

*спеціальностей: 183 - «Технології захисту навколишнього середовища»,*

*263 - «Цивільна безпека»*

Підписано до друку 31.12.2015р. Формат 60x84 1/32. Папір офсетний.

Умовн. друк. арк. 7,0. Наклад 3 прим.

Внутрішній договір № 140/15

Запорізька державна інженерна академія  
Свідоцтво про внесення до Державного реєстру суб'єктів  
видавничої справи ДК № 2958 від 03.09.2007 р.

Віддруковано друкарнею  
Запорізької державної інженерної академії  
з оригінал-макету авторів

69006, м. Запоріжжя, пр. Соборний, 226  
ЗДІА