

Лекції 9,11. Влаштування трубопроводів та колекторів для водовідвідної мережі. Захист труб від руйнування. Вентиляція мережі

1. Умови вибору матеріалів і прокладки трубопроводів.
2. Основи під труби.
3. Захист труб від руйнування.
4. Вентиляція водовідвідної мережі.
5. будівництво водовідвідних мереж.

1 Умови вибору матеріалу і прокладки трубопроводів

Трубопроводи і колектори зовнішніх мереж, які прокладаються в різних гідрогеологічних умовах, на різних глибинах і працюють в самопливному та напірному режимах, повинні мати достатньо великий термін служби, бути надійними в експлуатації, економічними і індустриальними в будівництві. Це досягається правильним вибором матеріалу труб, конструкцій їх стикових з'єднань, ефективної ізоляцією та влаштуванням надійних основ.

До конструкцій зовнішніх мереж пред'являються наступні вимоги:

- міцність – труби і стикові з'єднання без деформацій повинні сприймати тиск насипного ґрунту, навантаження від рухомого транспорту, а також внутрішній тиск води;
- водонепроникність (герметичність) – через стінки труб і стикові з'єднання не повинні надходити в мережу ґрунтові води (інфільтрація) і просочуватися з мережі вода (ексфільтрація) понад встановлених нормативів;
- гладка внутрішня поверхня необхідна для зменшення опорів при русі води;
- забезпечення мінімальної вартості матеріалів та витрачання мінімальної кількості дефіцитних матеріалів.

На додаток до цього трубопроводи і стики мереж водовідведення повинні володіти стійкістю до механічного стирання, хімічного та температурного впливу.

Згідно з ДБН В.2.5–75:2013 [1] з урахуванням місцевих умов можуть бути застосовані труби згідно з ДСТУ Б В.2.5–25, ДСТУ Б В.2.5–32, ДСТУ Б В.2.5–46, ДСТУ Б В.2.5–47, ДСТУ Б В.2.5–48, ДСТУ Б В.2.5–49, ДСТУ Б В.2.5–50, ДСТУ Б В.2.5–55, ДСТУ Б В.2.5–57, ДСТУ Б В.2.5–63, ДСТУ Б В.2.7–141,

ДСТУ Б В.2.7–151, ДСТУ Б В.2.7–178, ДСТУ ББІ–12666–1 для каналізаційних трубопроводів:

- самопливних – безнапірні залізобетонні, бетонні, керамічні, чавунні, азбестоцементні, пластмасові труби та інші труби з корозійно-абразивностійких матеріалів або футеровані такими матеріалами;
- напірних – напірні залізобетонні, азбестоцементні, чавунні, сталеві й пластмасові труби та інші труби з корозійно-абразивностійких матеріалів або з внутрішньою захисною оболонкою з таких матеріалів.

При укладанні трубопроводів в агресивному середовищі потрібно застосовувати стійкі до корозії труби.

Керамічні безнапірні труби виготовляються за ДСТУ 286–82 з пластичної вогнетривкої глини з розтрубом $D = 150–600$ мм (ДСТУ Б В.2.5–57:2011).

Керамічні труби повинні відповідати таким характеристикам:

- мати на зовнішній стороні кінця стовбура та внутрішній стороні розтруба не менше п'яти нарізок-каналок глибиною не менше 2 мм;
- бути водонепроникними та при випробуванні витримувати внутрішній гідравлічний тиск не менше 0,15 МПа;
- мати водопоглинання не вище 7–8 %;
- мати на зовнішній і внутрішній поверхнях рівномірне, без пропусків, покриття з хімічно стійкої глазурі.

Керамічні труби є найбільш довговічними при влаштуванні водовідвідних мереж, особливо в тих випадках, коли ґрунтові води агресивні. Однак недоліками цих труб є велика кількість стикових з'єднань і крихкість матеріалу. Не рекомендується застосування цих труб при просідаючих ґрунтах. Вони погано сприймають динамічні навантаження, тому ці труби не застосовують на проїздах з інтенсивним рухом і при малих заглибленнях. З'єднання труб виконується введенням гладкого кінця в розтруб із закладенням стику смоляним пасмом і асфальтовою мастикою (рис. 1).

Азбестоцементні безнапірні труби виготовляють за технічними умовами за ДСТУ 1839–80 з гладкими кінцями $D = 100–400$ мм, а для їх з'єднання випускають спеціальні муфти. Ці труби мають гладку поверхню, практично водонепроникні, легко піддаються обробці (розпилюванню, фальцюванню, свердлінню), їх маса в 3,5 рази менше чавунних труб. Значна довжина труб скорочує кількість стикових з'єднань при прокладці мереж, однак вони мають сильну крихкість і здатність до стирання.

Застосування даного виду труб недоцільно на швидкоотоках, несучих велику кількість крупної мінеральної суспензії (пісок, шлак, скляний бій). Азбестоцементні труби поставляються в комплекті зі сполучними муфтами і кільцями ущільнювачів. При випробуванні труби і муфти повинні витримувати гідравлічний тиск не менше 0,4 МПа, а труби і муфти вищої категорії якості – не менше 0,6 МПа.

При з'єднанні застосовують асфальтові, азбестоцементні та цементні стики (рис. 2).

Азбестоцементні напірні труби виготовляють за ДСТУ 539–80 з гладкими кінцями $D = 100\text{--}500$ мм, для їх з'єднання випускають спеціальні муфти. Використовуються при влаштуванні зовнішніх напірних мереж.

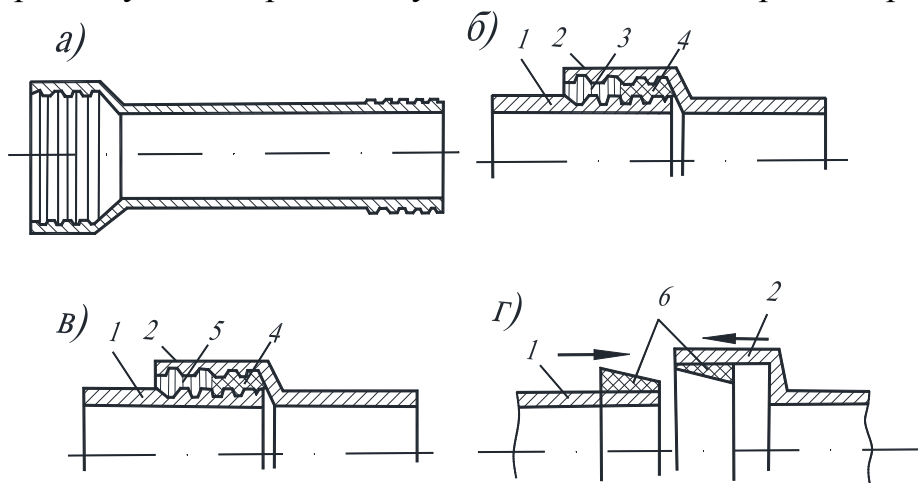


Рисунок 1 – Керамічні труби та способи їх з'єднання:

а – загальний вигляд труби; б – стик з асфальтовим замком; в – стик з азбестоцементним (або цементним) замком; г – гнучкий стик на кільцях з пластізола;

1 – гладкий кінець труби; 2 – розтруб труби; 3 – асфальтова мастика; 4 – просмолене пенькове пасмо; 5 – азбестоцементний (або цементний) розчин; 6 – кільця з пластізола

Чавунні безнапірні труби (ДСТУ Б В.2.5–25:2005) виготовляють за ДСТУ 6942–98 діаметром 50–150 мм з розтрубним з'єднанням також використовують для прокладання каналізаційних мереж (при окремому обґрунтуванні). **Чавунні напірні труби** виготовляють з сірого чавуна за ДСТУ 9583–75, використовуються при влаштуванні зовнішніх напірних мереж.

До переваг чавунних труб слід віднести їх високу механічну міцність і довговічність, до недоліків – крихкість і велику витрату металу.

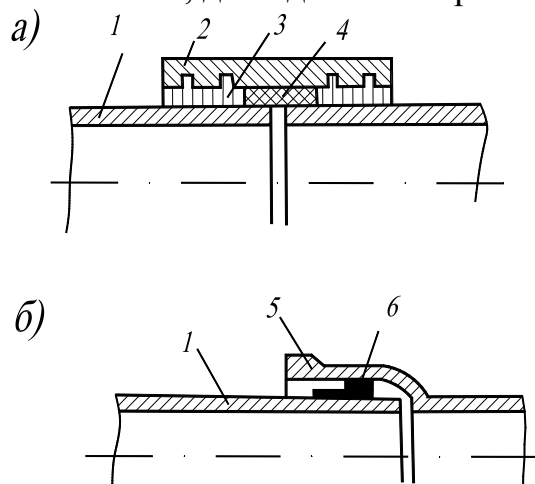


Рисунок 2 – З'єднання азбестоцементних і чавунних безнапірних труб:

а – стик азбестоцементних безнапірних труб з гладкими кінцями; б – стик безнапірних чавунних розтрубних труб; 1 – гладкий кінець труби; 2 – азбестоцементна муфта; 3 – асфальтова мастика; 4 – просмолене пенькове пасмо; 5 – розтруб чавунної труби; 6 – гумова накатна прокладка з кільцем

Залізобетонні безнапірні труби (ДСТУ Б В.2.5–46:2010) виготовляють за ДСТУ 6482.1–88 та 6482.0–88 діаметром $D = 400\text{--}2400$ мм. По довжині труби випускають – від 2500 до 5000 мм. Залізобетонні безнапірні труби отримали широке поширення при спорудженні самопливних водовідвідних мереж і добре себе зарекомендували в тих випадках, коли стічні та ґрунтові води не агресивні по відношенню до бетону труб і до ущільнюючих матеріалів стикових

з'єднань. Виготовляють ці труби з бетону класу не нижче В22,5 (М300). За способом з'єднання підрозділяються на розтрубні та фальцові.

Труби поділяють на такі типи:

- РТ – розтрубні циліндричні зі стиковими з'єднаннями, ущільнюються герметиками або іншими матеріалами з утворенням жорстких або пластичних стикових з'єднань;
- РТПБ – розтрубні з підшовою та з напірним бортиком на стиковій поверхні втулкового кінця труби; еластичні стикові з'єднання цих труб ущільнюються за допомогою гумових кілець;
- РТС – розтрубні циліндричні із ступінчастою стиковою поверхнею втулкового кінця труби, еластичні стикові з'єднання яких ущільнюються за допомогою гумових кілець;
- ФТ – фальцові циліндричні зі стиковими з'єднаннями, ущільнюються герметиками або іншими матеріалами;
- РТП – розтрубні з підшовою і стиковими з'єднаннями, ущільнюються герметиками або іншими матеріалами з утворенням жорстких або пластичних стиків;
- РТПБ – розтрубні з підшовою і напірним бортиком на стиковій поверхні втулкового кінця труби; еластичні стикові з'єднання цих труб ущільнюються за допомогою гумових кілець;
- РТПС – розтрубні з підшовою із ступінчастою стиковою поверхнею втулкового кінця труби і стиковими з'єднаннями, ущільнюються за допомогою гумових кілець;
- ФТП – фальцові з підшовою і стиковими з'єднаннями, ущільнюються герметиками або іншими матеріалами.

Способи з'єднання труб показано на рисунку 3. Загальний вигляд залізобетонних труб показано на рисунку 4.

Труби вищої категорії якості повинні бути типів РТС, РТБ, РТПС і РТПБ. Труби в залежності від їх міцності підрозділяють за несучої здатності на дві групи: перша – труби нормальної міцності; друга – труби підвищеної міцності. Армують трубу циліндричними зварними каркасами: спіральна арматура класу А-III, арматурний дріт періодичного профілю класу Вр-I і гладка класу ВІ; поздовжня арматура – стрижнева класу АІ. Фальцові стики труб діаметром більше 1000 мм додатково армують із зовнішнього боку і підсилюють цементним поясом. Витрата матеріалу (бетон, метал) для труб з підшовою в середньому на 10–12 % вище, ніж для звичайних труб; при цьому труби з підшовою володіють підвищеною несучою здатністю на тиск ґрунту й можуть прокладатися в більш глибоких траншеях.

Залізобетонні напірні труби виготовляють діаметром $D = 500\text{--}1600$ мм методами віброгідропресування за ДСТУ 12586–83 і центрифугування, з розтрубними з'єднаннями на гумових ущільненнях. Труби, що виготовляються методом віброгідропресування, в залежності від розрахункового внутрішнього тиску в трубопроводі поділяють на чотири класи, а труби, що виготовляються

методом центрифугування, – на три класи: І – на тиск 1,0 МПа; ІІ – на тиск 1,0 МПа; ІІІ – на тиск 0,5 МПа.

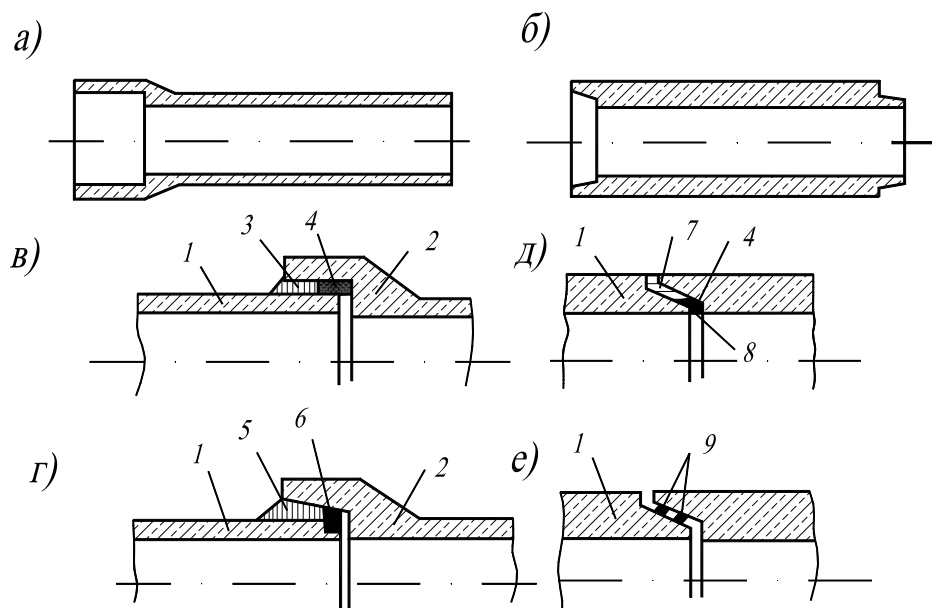


Рисунок 3 – Бетонні і залізобетонні труби і способи їх з'єднання:

а – загальний вигляд розтрубної труби; б – загальний вигляд фальцової труби;
в – розтрубний стик з азбестоцементним замком; г – розтрубний стик з гумовими кільцями;
д – фальцовий стик з просмоленним пеньковим пасмом; е – фальцовий стик з гумовими кільцями; 1 – гладкий кінець труби; 2 – розтруб труби; 3 – азбестоцемент; 4 – просмолене пенькове пасмо; 5 – цементний розчин; 6 – жолобчасті гумові кільця; 7 – цементний розчин або асфальтова мастика; 8 – затирання цементним розчином; 9 – круглі гумові кільця



Рисунок 4 – Загальний вигляд залізобетонних труб

Бетонні безнапірні труби (ДСТУ Б В.2.5–50:2010) виготовляють діаметром $D = 100-1000$ мм за ДСТУ 22000–86, вони призначені для самотісного відведення побутових (міських) і дощових стічних вод.

Бетонні труби в залежності від виду їх з'єднання поділяють на такі типи:

- ТБ – розтрубні циліндричні зі стиковими з'єднаннями, що ущільнюються герметиками або іншими матеріалами;
- ТБС – розтрубні циліндричні із ступінчастою стиковою поверхнею втулкового кінця труби, стикові з'єднання яких ущільнюються гумовими кільцями;
- ТБПС – те ж, з підшовою;
- ТБФ – фальцові циліндричні зі стиковими з'єднаннями, ущільнюються герметиками або іншими матеріалами;
- ТБПФ – те ж, з підшовою.

Бетонні труби з підшовою і без неї по конструкції в цілому аналогічні залізобетонним безнапірним трубам (див. рис. 7.3), але відрізняються від них більш низьким класом бетону і більш легкою (в основному дрітчастою) арматурою. При застосуванні бетонних труб необхідно враховувати, що хоча вони й дешевше залізобетонних безнапірних труб у виготовленні, але їх практична довговічність істотно нижче.

В даний час знаходять все більше застосування **поліетиленові, поліпропіленові та непластифіковані полівінілхлоридні труби** (ДСТУ Б В.2.5–32:2007), які випускаються різних діаметрів (50–1200 мм). Ці труби довговічні, не кородують, мають малу шорсткість поверхні, а найголовніше – високу ізносостійкість – 50 років (гарантійний термін служби). В Україні поліетиленові труби для зовнішніх водовідвідних мереж виготовляються з поліетилену низького тиску (високої щільності) згідно з ГОСТ 18599–83 діаметром 110–1200 мм.



Рисунок 5 – Полімерні труби: довжиною 5,5 і 11,5 м.

- 1) поліетиленові труби; 2) труби для реновації колекторів (GRP); 3) полівінілхлоридні труби «PLASTIMEX»; 4) навивні труби; 5) загальний вигляд монтажу полімерних труб

Загальний вигляд поліетиленових труб показано на рисунку 5.

Термін служби поліетиленових труб в значній мірі залежить від умов експлуатації і в першу чергу від тиску і температури. Так, при збільшенні номінальної температури і тиску в 1,5 рази термін служби поліетиленових труб скорочується в 5 разів.

Труби випускають довжиною 6, 8, 10 і 12 м з відхиленнями по довжині не більше 50 мм. Можливе виготовлення труб

Труби при транспортуванні повинні бути пов'язані в пакети масою до 1 т.

Труби слід зберігати в горизонтальному положенні на стелажах висотою не більше 2 м. Умови зберігання повинні виключати можливість механічного пошкодження труб і дії на них прямих сонячних променів.

Основними недоліками цих труб крім зазначених є великий коефіцієнт лінійного розширення і мала опірність роздавлюванню.

Полімерні труби виготовляються з полівінілхлориду (ПВХ), поліетилену (ПЕ), поліпропілену (ПП). Труби з полівінілхлориду дешевші порівняно з трубами з поліетилену та поліпропілену. Всі зазначені труби використовують

для транспортування стічних вод з температурою до $+45^{\circ}\text{C}$. Полімерні труби випускаються напірні та безнапірні, рівні та гофровані. З'єднання полімерних труб здійснюється за допомогою муфт або розтрубів з ущільнювальними гумовими кільцями (рис. 7.6).

Проектування каналізаційних мереж із використанням полімерних труб рекомендується виконувати згідно з ДСТУ Н-Б В.2.5-40. При застосуванні полімерних труб рекомендується враховувати заходи щодо компенсації їх подовження під впливом температури. При безканальному прокладанні труб в умовах, якщо можливе механічне пошкодження їх зовнішньої поверхні, рекомендується застосовувати труби з захисним покриттям [1].

При проектуванні зовнішніх мереж діаметри труб з різних матеріалів повинні призначатися в суворій відповідності до затверджених стандартів або сортаменту їх промислового освоєння.

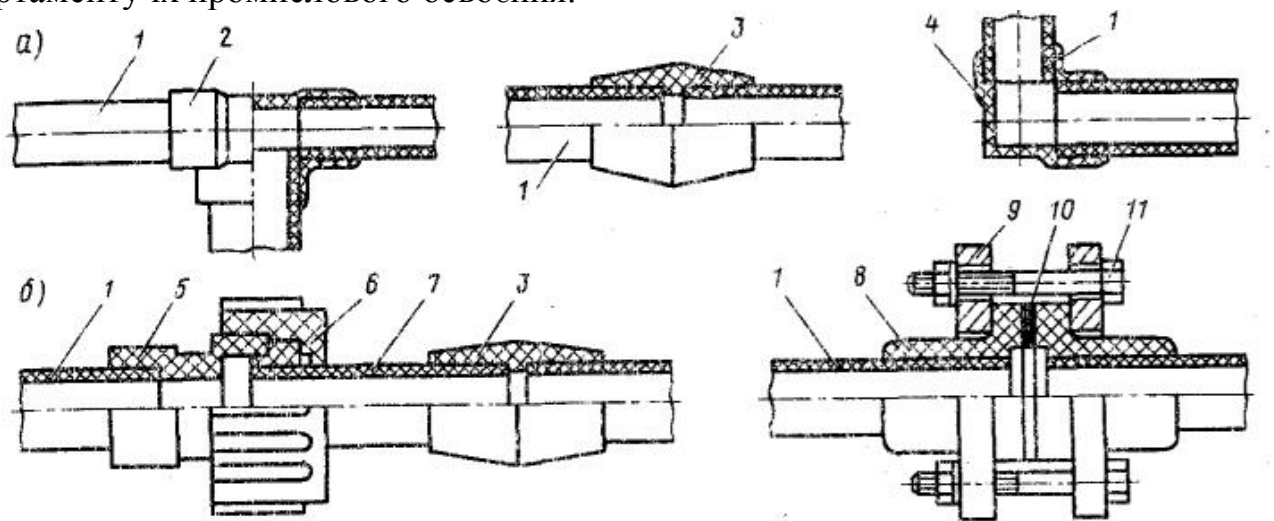


Рисунок 6 – Види з'єднань полімерних труб:

а – нероз'ємні; б – роз'ємні; 1 – труба; 2 – трійник; 3 – муфта; 4 – вугільники; 5 – різьбова втулка; 6 – накидна гайка; 7 – втулка з буртом; 8 – втулка під фланець; 9 – фланець; 10 – прокладка; 11 – болт

Колектори та канали

У загальносплавних, роздільних, комбінованих і виробничих системах каналізації як в нашій країні, так і за кордоном тривалий час успішно експлуатуються колектори і канали великих перетинів, побудовані з цегли в кінці XIX і на початку XX століття. Основні елементи цегляних колекторів будь-якого перетину ідентичні: верхню твірну частину називають склепінням, нижню – лотком. Лотки закладають в фундамент, який з боків колекторів доводять до половини їх висоти (рис. 7.7). Конструкцію фундаменту складають підготовка, плита та стілець. Підготовку виконують з щебеню, гравію або бетону; плиту – з бетону або залізобетону. Товщину плити та марку бетону визначають розрахунком залежно від стійкості ґрунтів і розмірів каналу. Бічна частина колектора називається стільцем. Ширину його визначають статичним розрахунком.

Цегляні колектори круглого перетину (рис. 7.7, а) діаметром 600-1800 мм із звичайним або розширеним стільцем, а при великих розмірах –

напівеліптичні (шатрового) перетину, краще відповідає статичним умовам роботи при хорошій якості цегли, довговічні та добре пручаються агресивній дії ґрунтових і стічних вод. Однак конструкція їх масивна, вони не індустріальні та коштовні, для їх спорудження потрібна високоякісна пряма та клинчаста цегла, а також багато цементу (приблизно стільки ж, скільки потрібно на виготовлення залізобетонної труби такого ж діаметру). З цієї причини, а також через неможливість механізації робіт будівництво їх припинено.

З переходом на індустріальні методи збірного будівництва колекторів з великорозмірних збірних залізобетонних елементів заводського виготовлення (блоків, труб, кілець і тюрбінгів) колекторам надають форму круглого і прямокутного перерізу. Стілець, плиту і склепіння іноді об'єднують в одному об'ємному елементі.

На рис. 7.7, б представлений комбінований колектор із збірних залізобетонних елементів основи та склепіння, що нагадує формою цегляний колектор. Збірні колектори на 35-50 % дешевше цегельних і залізобетонних колекторів, виконуваних на місці.

Прямокутні колектори застосовують для будівництва побутової та дощової каналізації, а також для прокладки підземних комунікацій. Для будівництва одно- і двосекційних колекторів застосовують чотири елементи: зовнішні стінові блоки довжиною 1,8 м, плити перекриття шириною до 4 м, плити днища шириною до 2,6 м і середні стінні блоки. З таких блоків збирають колектори різного поперечного перерізу (від 2х2 до 3х4 м). Для влаштування плавних поворотів застосовують спеціальні блоки або трапецеїдальні вставки. Однак прямокутні канали перестали відповідати сучасним вимогам індустріальності будівництва і не забезпечують необхідної водонепроникності в стикових з'єднаннях.

Основною конструкцією великих каналізаційних колекторів і водостоків повинні бути круглі залізобетонні безнапірні труби, а для напірних – залізобетонні напірні труби, що виготовляються методом віброгідропресування і центрифугуванням. Перехід від прямокутних каналів на круглі довгомірні труби великого діаметру дозволяє збільшити пропускну спроможність каналів до 10 %, скоротити витрати на монтаж до 30-50 % і забезпечити водонепроникність стику.

Застосування довгомірних труб із плоскою основою (рис. 7, з) дозволяє укладати їх безпосередньо на бетонну підготовку і значно зменшує витрату залізобетону, так як відпадає необхідність у влаштуванні стільця. Трудомісткість робіт з укладання довгих труб із плоскою основою виявилася в 2 рази менше, ніж при влаштуванні каналу з круглих труб.

При будівництві колекторів в районах старої і обмеженої забудови на глибині 6 м і нижче доцільно прокладати їх способом закритої щитової проходки.

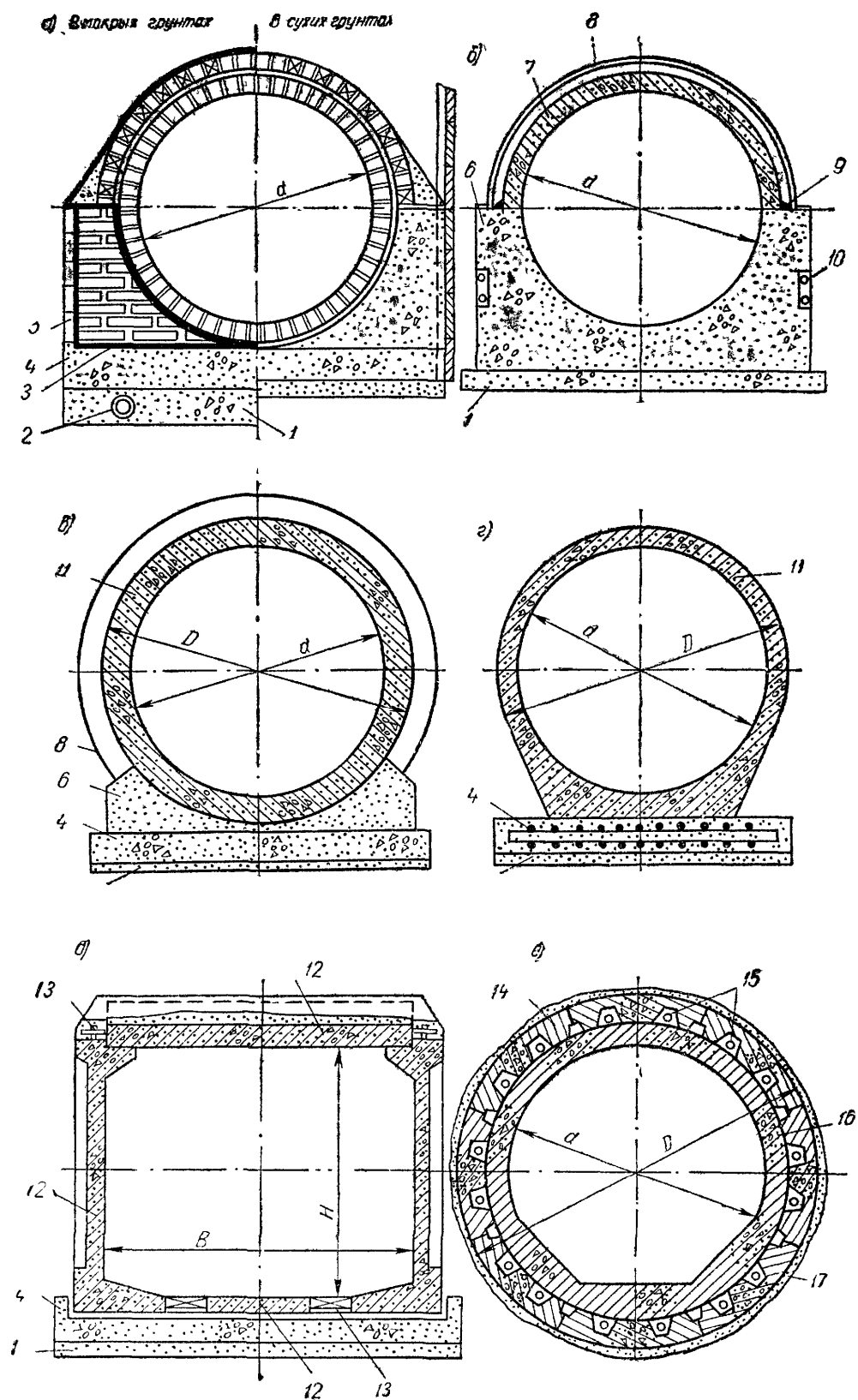


Рисунок 7 – Колектори:

а – цегляний; б – комбінований з напівкруглим перекриттям; в, г – із залізобетонних труб;
 д – прямокутний з блоків; е – з тюбінгів, виконаний способом щитової проходки;
 1 – підготовка; 2 – дренаж; 3 – гідроізоляція; 4 – плита; 5 – стілець; 6 – бетонна основа зі збірних елементів; 7 – залізобетонне склепіння; 8 – пояс для закладення стиків; 9 – бітум;
 10 – пояс для кріплення блоків; 11 – труба; 12 – блоки; 13 – місця замоноличування;
 14 – тюбінги; 15 – шпильки сталеві, $d = 30$ мм; 16 – водонепроникна сорочка; 17 – цементний розчин, що нагнітається за тюбінги

Колектори збирають круглого перетину з трапецеїдальних або сегментних залізобетонних блоків – тюбінгів. При проходці тунелів щитами старих конструкцій застосовували тюбінги трапецеїдальні, ширина яких зазвичай не перевищувала 300–350 мм, а число їх по кільцю оброблення було 16–20 шт. Механізовані щити нових уніфікованих конструкцій дозволяють зміцнити стінки тунелів укрупненими тюбінгами у вигляді сегментів шириною 700–800 мм з числом по кільцю оброблення 6–8 шт. Тюбінги і сегменти виготовляють з бетону марки 400 на гранітному щебені крупністю не більше 40 мм. Для забезпечення водонепроникності і підвищення довговічності в каналах з тюбінгів влаштовують внутрішню залізобетонну сорочку з монолітного залізобетону марки 400 на гранітному щебені (рис. 7.7, е), а при будівництві каналу в водонасичених ґрунтах, крім того, гідроізоляцію. Лоток сорочки залізнять цементом марки 500. Якщо потрібно прокласти в тунелі, виконаному щитовим способом, колектор значно меншого діаметру, ніж найменший діаметр прохідницького щита, всередині блокового оброблення тунелю після влаштування залізобетонної водонепроникної сорочки влаштовують лоток з монолітного бетону або зі збірних бетонних елементів, що укладаються на бітумних мастиках. В усіх випадках не слід прагнути зменшувати перетин колектора до розрахункового (якщо це не порушує його гідравлічний режим) з доцільності подальшого розвитку каналізації.

2 Основи під труби

При аналізі аварій на каналізаційних мережах було встановлено, що причинами руйнування труб є деформації основ під трубами, викликані нерівномірними осіданнями ґрунтів.

Ґрунт в природному (непорушеному) стані може служити надійною основою для труб і колекторів, заповнених водою, так як їх маса не перевищує маси витісненої ними землі. Однак ґрунти за своєю будовою неоднорідні, вони можуть бути сухими або насиченими водою. При порушенні їх природної рівноваги глибокими виїмками, а також відкачуванням води або періодичним коливанням напірного горизонту ґрунти втрачають стійкість, набувають рухливість і можуть порушити щільність середовища, що оточує трубу.

Правильна будівельна оцінка ґрунтів за умови якісного виконання робіт виключає можливість утворення місцевих просідань, що викликають руйнування стикових з'єднань, а іноді й трубопроводів. Природними основами для труб можуть служити: середні та грубозерністі піски, супіски в сухому стані, дрібний і крупний гравій, пісок в суміші зі щебенем або галькою, глини і важкі суглинки за відсутності в їх товщі водоносних прошарків, а також скельні й близькі до них за міцністю породи. Глинисті ґрунти, які мають велику різноманітність, неоднорідність будови, здатність до пучення й розм'якшення при наявності в їх товщі піщаних водоносних прошарків, стають в'язкими, текучими, можуть перетворюватися при надлишку вологи в розріджену масу та бути рухливими навіть при невеликій кількості води.

Вкрай нестійкі та ненадійні для укладання труб водоносні ґрунти з дрібного мулу з домішкою глинистих часток, льос та льосовидні суглинки, що

швидко й нерівномірно втрачають несучу здатність при насиченні водою, а також болотні й торф'яні ґрунти, що складаються здебільшого з продуктів розкладання рослинних залишків.

Для правильної будівельної оцінки ґрунтів необхідно на поздовжньому профілі колектора наносити гідрогеологічний розріз і по ньому вибирати конструкцію основ залежно від природного стану ґрунтів, способів виконання робіт, глибини засипки та розміру труб.

Основ під труби слід приймати залежно від несучої здатності ґрунтів, діаметру труб, гідрогеологічних умов і фактичних навантажень. У всіх ґрунтах, за винятком скельних, пливунних, болотистих і просідаючих II типу, як правило, слід передбачати укладання труб при висоті засипки до 6 м над верхом труб безпосередньо на вирівняне дно траншеї.

При укладанні труб і колекторів на сухий ґрунт необхідно, щоб він на дні траншеї залишався в природному (непорушеному) і сухому стані. Ложе під труби слід влаштовувати одночасно з їх укладанням таким чином, щоб воно було добре вирівняне і труба на всьому своєму протязі щільно стикалася з ґрунтом непорушеною структурою не менш ніж на $1/4$ кола.

Труби, укладені так, щоб чверть їх окружності стикалася з ложем, витримують більший тиск (на 30-40 %), ніж труби, укладені на плоску поверхню без виїмки. Ретельна трамбування ґрунту при засипці простору між трубою і стінками траншеї підвищує опір труби роздавлюванню на 20 %.

У супіщаних, суглинних і глинистих сухих ґрунтах (з допустимим тиском $P \geq 0,15$ МПа) основою для всіх труб служить піщана подушка, насипана в виконаний для цієї мети по дну траншеї лоток (рис. 8, а).

У м'якопластичних глинистих і суглинних ґрунтах з коефіцієнтом пористості, рівним одиниці, і в пиловатих ґрунтах середньої щільності, насичених водою, при допустимому тиску на ґрунт $P \leq 0,15$ МПа для прокладки тих же труб передбачаються бетонна плита і стілець з кутом охоплення 135° з бетону марки 200 (рис. 8, б).

У свіженасипних ґрунтах з очікуваною нерівномірною осадкою для попередження порушення стикових з'єднань труб основу слід влаштовувати з монолітного залізобетону (рис. 7.8, в).

Товщину основи приймають:

- для труб діаметром до 1000 мм 0,1 м;
- для труб діаметром 1200–2400 мм 0,15 м;
- для труб діаметром понад 2400 мм 0,2 м.

У всіх випадках передбачають засипку труби до $1/2$ діаметра піщаним ґрунтом з ретельним трамбуванням.

При збільшенні висоти засипки до 12 м укладають ті ж труби, але для посилення влаштовують залізобетонний стілець, що охоплює більше $1/2$ перерізу труби (рис. 8, г). Стілець збільшує опір роздавлюванню труби в 1,5–2 рази.

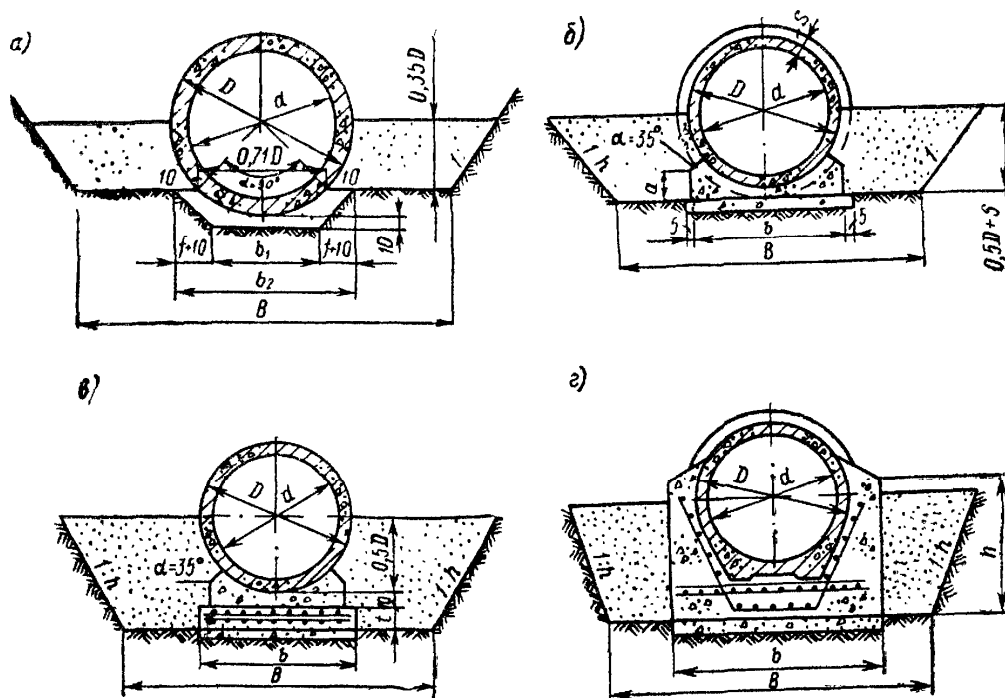


Рисунок 8 – Основи під трубопроводи:

a – при глибині закладення до 6 м в сухих ґрунтах з допускаємим тиском $P > 0,15$ МПа для труб діаметром 600-3500 мм; *б* – те ж, в м'якопластичних глинистих сухих і водонасичених піщаних ґрунтах з допускаємим тиском $P \leq 0,15$ МПа для труб діаметром 800-2500 мм; *в* – те ж, в свіженасипних ґрунтах; *г* – при глибині закладення більше 6 м

У водонасичених ґрунтах, що добре віддають воду, керамічні та залізобетонні труби укладають на шари щебеню, гравію або крупного річкового піску товщиною 0,15–0,2 м з дренажними лотками для відводу води.

У скельних ґрунтах труби укладають на піщану подушку завтовшки не менше 10 см. У мулистих і торф'янистих ґрунтах, в пливунах та інших слабких ґрунтах укладають довгомірні труби або влаштовують штучну основу під труби всіх діаметрів, а стики труб зашпаровують еластичними матеріалами.

У просадочних ґрунтах всі труби укладають безпосередньо на ґрунт, ущільнений на глибину 0,2–0,25 м, з попереднім замочуванням ґрунту водою.

З метою відмови від влаштування трудомістких і дорогих штучних основ слід застосовувати довгомірні низьконапірні залізобетонні труби на гарантований внутрішній тиск 0,1 МПа з укладанням їх безпосередньо на ґрунт.

3 Захист труб від руйнування

Внутрішня і зовнішня поверхні труб піддаються механічним, вологісним, хімічним, температурним і іншим впливам, негативний вплив яких можна уникнути, якщо врахувати деякі нюанси ще на стадії монтажу і при виборі самих труб.

Засмічення труб – відбувається через зниження пропускної здатності труб в результаті попадання й осідання на стінках часток сміття та різних жирів разом з водою. Щоб уникнути такого явища, в системі каналізації використовується ефект самоочищення труб (стоки, наповнюючи трубу і

рухаючись по ній з певною швидкістю, здатні вимивати більшу частину відходів, не дозволяючи їм накопичуватися). Оптимальні кути ухилу труб, створювані при монтажі, забезпечують потрібну швидкість і ступінь наповнення, необхідні для такого самоочищення. Ще один важливий момент, який необхідно враховувати при монтажі – повороти горизонтальних труб не можна виконувати відводами під прямим кутом.

В умовах експлуатації каналізаційна мережа піддається агресивному впливу газів і стічних вод з внутрішньої сторони і ґрунтових вод із зовнішньої, що призводить до руйнування залізобетонних і сталевих трубопроводів – **корозія трубопроводів**.

Для захисту залізобетонних труб від агресивної дії стічних та ґрунтових вод їх виготовляють на пуцоланових і сульфатостійких цементах з гідралічними добавками, що не піддаються корозії під дією газів, сульфатних і вуглекислих вод; надають стінкам труб високу щільність і водонепроникність; влаштовують надійну ізоляцію внутрішніх і зовнішніх бетонних поверхонь. Добавки пов'язують гідроксид кальцію і зменшують швидкість його вилугування з бетону в 12 разів. У цементний розчин додають розчинне скло (силікат натрію) в кількості 5–10 % маси цементу, що надає кислотостійкість бетонним виробам.

Найбільш висока якість труб досягається при центрифугуванні бетону і гідропресуванні з вібруванням. При центрифугуванні відбуваються процес віджимання вільної води та повітря й рівномірний розподіл бетону внаслідок перерозподілу часток цементу та заповнювачів.

Захисна ізоляція внутрішніх і зовнішніх поверхонь каналізаційних труб може бути *жорсткою* або *пластичною*, і наносять її з боку дії води або газу.

До *жорсткої ізоляції* відносять цементну штукатурку із залізненням, торкрет-штукатурку, облицювання керамічними та пластмасовими плитками. Більш сучасними методами жорсткої ізоляції є ізоляція труб зі *спіненого поліетилену* (рис. 7.9), *спіненого каучуку* (рис. 7.10) (у формі циліндрів і матів), що забезпечують якісний герметичний захист труб будь-яких поверхонь і розмірів, завдяки своїй закритопористій структурі, високій гнучкості та еластичності, чудовій адгезії до будь-яких поверхонь та ін.

До *пластичної ізоляції* відносять обмазувальну, обклеювальну і обмазувально-обклеювальну. М'які бітумні та інші пластичні матеріали, що володіють стійкістю проти агресивної дії води та газів, водонепроникністю, пластичністю і хорошою зчеплюваністю з матеріалом труб, наносять на ізольовану поверхню. До недоліків пластичної ізоляції слід віднести слабку опірність високим температурам, розчинникам і механічному стиранню.

Обмазувальну ізоляцію (гарячу або холодну) наносять у вигляді тонких шарів бітуму; ця ізоляція ненадійна.

Обклеювальну гідроізоляцію влаштовують шляхом наклейки на суху ізольовану поверхню за допомогою клебемаси полотнищ рулонного матеріалу (руберойду, гідроізолу, пергаміну).

Обмазувально-обклеювальна гідроізоляція влаштовується введенням в шар обмазувальної ізоляції рулонного сітчастого матеріалу (грубої марлі, серп'янки, бітумінізованої мішковини) з подальшою обмазкою мастикою.

Більш надійною і довговічною є бітумно-гумова і полімерна ізоляція. Середній термін служби бітумної ізоляції 15–20 років, бітумно-гумової 30 років і полімерної 40 років. Полімерна липка стрічка ПХВ навивається на поверхню трубопроводів за допомогою механізмів. При прокладанні дюкерів і переходів полімерна стрічка надійно захищає труби від механічних пошкоджень.

Замерзання трубопроводів каналізаційної системи відбувається взимку або в суворих кліматичних умовах, що призводить до їх пориву та аварійної ситуації всієї системи. Труби внутрішньої каналізації можуть замерзнути, якщо вони проходять у неопалюваних приміщеннях, так само замерзає вихід каналізаційного стояка на даху будівлі. Труби зовнішньої (підземної) каналізації – в результаті недотримання низки заходів на стадії монтажу: неякісна теплоізоляція або її відсутність, недотримання будівельних норм (недостатня глибина, відсутність необхідного кута нахилу трубопроводу) та ін. Оптимальний ухил зовнішньої каналізаційної труби забезпечує безперешкодний пропуск стоків з внутрішньої системи водовідведення та зливових стоків, що дозволяє стокам не затримуватися, а порожнім трубам є шанс не замерзнути. Мінімальний ухил зовнішньої каналізації, згідно з вимогами будівельних норм становить: для труб діаметром 150 мм – 0,008, 200 мм – 0,007 (8 і 7 мм на кожен метр труби).

Глибина закладання труб залежить від кліматичних умов, типу ґрунту та інших умов. У кліматичній зоні України, за умови незначних навантажень на ґрунт, нормальною вважається глибина 70–80 см.

Все ж наведених вище заходів буває недостатньо для захисту підземних трубопроводів та утеплення труб є надійним і довговічним засобом захисту від замерзання.

Для цих цілей відмінно підійде будь-який еластичний закритопористий полімер: *пінополістирол*, *спінений поліетилен* (рис.9), *спінений каучук* (рис. 10) та інші (у вигляді готових еластичних трубчастих оболонок, «шкаралуп» і матів, з різними покриттями).

Головне, щоб утеплювач не намокав, інакше його теплоізолюючі властивості зведуться до нуля і навряд чи відновляться. Володіючи високими теплоізоляційними властивостями, високою вологостійкістю, гнучкістю, еластичністю і рядом інших корисних властивостей, ці ізоляційні матеріали зручні при монтажі та забезпечують надійний і герметичний захист трубопроводів від замерзання та корозії.

Спінений каучук завдяки широкому діапазону робочих температур – незамінний в суворих кліматичних умовах і складних експлуатаційних режимах. Зручні та ефективні для утеплення каналізаційних труб *циліндри з базальтових волокон* (рис..11).

Вони легко монтуються, мають захисну алюмінієву оболонку, надійно з'єднуються між собою, забезпечуючи герметичність.

Теплоізоляція каналізаційних труб – це комплексний захист їх поверхні від несприятливого впливу навколишнього середовища і подбати про це можна (і потрібно) ще на стадії монтажу, тим самим забезпечивши безперебійне функціонування всієї системи. Такі заходи підвищують термін експлуатації труб, допомагають економити на технічному обслуговуванні та ремонті.



Рисунок 9 – Спінений поліетилен



Рисунок 11 – Циліндри з базальтових волокон



Рисунок 10 – Спінений каучук

4 Вентиляція водовідвідної мережі

В умовах експлуатації в надводній частині каналізаційних колекторів скупчуються пари води і шкідливі гази, що виділяються зі стічних вод: сірководень, аміак, діоксид вуглецю, метан тощо.

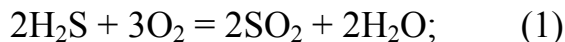
З виробничими водами в мережу надходять вільні неорганічні й органічні кислоти, вуглець, аміак, хлор та інші шкідливі домішки. З дощовими та стічними водами, наприклад, від гаражів в мережу надходять бензин, бензол та інші паливно-мастильні матеріали.

Аналізи, проведені в різних містах, вказують на присутність в колекторах діоксиду вуглецю 8–12 %, метану 1,4–15 %, парів бензину 11–12 %, сірководню 0,135–0,18 мг/л. В окремих пробах вміст сірководню доходить до 0,25 мг/л, а при очищенні колектора – до 0,45–0,77 мг/л.

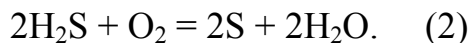
Особливо несприятливо діють на бетонні стінки труб і колодязів сірководень, сірчана кислота та діоксид вуглецю. Сірководень та інші гази утворюються в трубах і каналах в результаті виділення із стічних вод або розкладання осаду, що випав. Сірководень викликає газову корозію. Він розчиняється у воді, що конденсується на верхній і бічних стінках труб, неомиваємих стічними водами, і проникає в пори бетону. У конденсаті, що утворився на неомиваємих стінках каналу, відбувається біохімічне окислення

киснем поглиненого з повітря сірководню. При цьому відбуваються такі реакції:

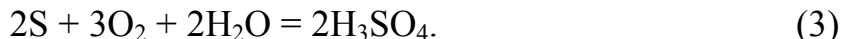
при надлишку кисню:



при нестачі кисню:



Сірка, що утворилася в процесі біохімічного окислення, окислюється в сірчану кислоту або сульфати:



Однією із складових частин цементу є оксид кальцію CaO , який після змішування з водою та гідратації переходить в гідроксид кальцію Ca(OH)_2 . Вплив на бетон сірчаної кислоти викликає утворення нових сполук кальцію, для яких характерне сильне збільшення в обсязі, що веде до руйнування бетону. До числа таких солей відносяться гіпс (сірчаноокислий кальцій CaSO_4), що збільшується в обсязі майже в 2 рази проти обсягу гідроксиду Ca(OH)_2 , і сульфоалюмінат кальцію $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 30\text{H}_2\text{O}$, збільшується в об'ємі в 22,5 рази. Цей вид корозії найбільш поширений в каналізаційних каналах.

Якщо у воді є надлишковий агресивний діоксид вуглецю CO_2 , то при його хімічній взаємодії з гідроксидом кальцію Ca(OH)_2 утворюється малорозчинний у воді вуглекислий кальцій CaCO_3 , а при його подальшій взаємодії з діоксидом вуглецю – легкорозчинний двовуглекислий кальцій $\text{Ca(HCO}_3)_2$. Розчинення двовуглекислого кальцію призводить до руйнування бетону.

У результаті дії на бетонні стінки труб стічних вод, конденсату, газів і мікроорганізмів, що добре розвиваються в слизовій плівці, яка покриває стінки каналу, відбувається значне зменшення вмісту CaO в бетоні (з 64 до 12 %) і збільшення вмісту сульфатів (з 1,5 до 42 %). Різке зниження CaO і збільшення сульфатів призводять до руйнування бетонних труб і колекторів.

У каналізаційній мережі можливі вибухи суміші водородистих і метанових газів при з'єднанні з киснем повітря. Шкідливі гази небезпечні для робочих, що спускаються в колодязі й колектори для огляду та очищення трубопроводів. Для видалення парів води, зменшення конденсації і зниження процентного вмісту метану, діоксиду вуглецю та сірководню влаштовують *витяжну вентиляцію каналізаційної мережі з природною тягою через витяжні стояки*, встановлені в будівлях і виведені вище даху будівлі (див. рис. 6).

Досвід експлуатації каналізаційної мережі показав, що повітря надходить в мережу через нещільності в люках оглядових колодязів та вентиляційні стояки малоповерхових будівель, а виходить через стояки високих будівель або будівель, розташованих на високих відмітках.

Швидкість руху повітря у великих каналізаційних колекторах, не обладнаних *припливною вентиляцією*, коливається від 0 до 0,6 м/с, причому режим руху нестійкий і не піддається розрахунку.

Витяжні пристрої слід передбачати у входних камерах дюкерів, в оглядових колодязях, у місцях різкого зниження швидкостей течії води в

трубах діаметром більше 400 мм і в перепадних колодязях при висоті перепаду більше 1 м і витраті стічної води більше 50 л/с.

На ділянках мережі, до яких випуски не приєднуються, витяжні стояки діаметром 300 мм і висотою 5 м встановлюються не рідше ніж через 250 м.

Для припливної вентиляції можна використовувати залізобетонні порожнисті щогли, що встановлюються для освітлення та підвіски різних проводів. Від каналізаційних колодязів до основи порожнистих щогл підводять вентиляційні труби діаметром 150 мм, прокладені з ухилом 0,01 у бік колодязя. Для замських колекторів встановлюють вентиляційні залізобетонні труби більшого діаметру або шахти висотою не менше 3 м. Для магістральних колекторів глибокого закладення проектує штучну витяжну вентиляцію.

5 Будівництво водовідвідних мереж

Будівництво водовідвідних мереж пов'язано з великими обсягами земляних робіт. Прокладати їх можна *відкритим* або *закритим (щитовим)* способами.

При *відкритому способі* виробництва робіт траншеї виконують з укосами або з вертикальними стінками. Це залежить від глибини траншеї, властивостей ґрунтів і наявності підземних вод.

Закритим способом прокладають мережі під проїздами з інтенсивним рухом транспорту та при великій глибині закладення трубопроводу. Найбільш прогресивним способом є щитовий спосіб проходки за допомогою механізованого щита. Укладання труб ведуть від нижнього колодязя до верхнього. Послідовно з укладанням труб виконують закладення стиків між ними.

При будівництві водовідвідних мереж слід суворо дотримуватися передбаченого проектом ухилу укладки трубопроводу.

Гідравлічне випробування трубопроводу проводиться на ексфільтрацію (при відсутності підземних вод), тобто на витік води з труб в ґрунт, і при наявності ґрунтових вод на інфільтрацію, тобто на потрапляння підземних вод у водовідвідну мережу.

При прийманні водовідвідних мереж в експлуатацію перевіряють, чи є акти прихованих робіт, перевіряють: прямолінійність укладання, позначки лотків у колодязях, чи є акти випробувань трубопроводів на щільність.

У районах щільної забудови при великій кількості підземних комунікацій і несприятливих геологічних і гідрогеологічних умовах, при великому заглибленні трубопроводів, коли прокладку колекторів не можна здійснити відкритим способом, застосовують щитову проходку, використовуючи щити круглої форми.

Вперше будівництво підземних комунікацій щитовим способом почалося у м. Тула в 1955 р, а в м. Харкові в 1966-67 рр.

Практика роботи зі спорудження підземних комунікацій щитовим способом підтвердила його доцільність та економічну ефективність (можна відмовитися від насосних станцій). За цей час побудовані тунелі

спеціалізованого призначення в багатьох містах – Мінську, Таллінні, Вільнюсі, Донецьку, Кривому Розі, Волгограді, Києві.

Ухили колекторів, що споруджуються щитовою проходкою, слід приймати від 0,001 до 0,006. Швидкість руху стічних вод повинна бути в межах 1,2–3,5 м/с. По трасі таких колекторів влаштовують технологічні та будівельні шахтні стволи. Технологічні стовбури передбачені для влаштування перепадів, вентиляції та обслуговування в період експлуатації. Будівельні стовбури передбачені для спуску та підйому матеріалів і робочих в процесі будівництва, для влаштування поворотних камер, вентиляції та демонтажу прохідницького обладнання. Слід максимально поєднувати розташування будівельних і технологічних шахтних стволів. Відстані між шахтними стовбурами приймають при D прохідницького щита 2,1 м – 550 м; 2,6 м – 750 м; 3,2 м – 150 м; 4 м – 2000 м.

Шахтні стволи обладнані сходовими клітками з огорожею.

У період експлуатації колектори повинні захищатися від газової корозії шляхом застосування примусової вентиляції. Гранична концентрація агресивних газів в колекторах не повинна перевищувати по:

- сірководню H_2S – 0,01 мг/л;
- вуглекислому газу CO_2 – 0,5 % вільного об'єму колектору;
- метану CH_4 – 2 % вільного об'єму колектору.

Перед початком робіт з щитової проходки обладнають шахтну майданчик, з якого здійснюють проходку шахтного стовбура до відмітки закладання колектора. Діаметр шахтних стволів залежить від зовнішніх діаметрів прохідницьких щитів $D = 2,56 \div 3,2\text{--}3,7$ м. Щити D до 3 м спускають у шахту повністю зібраними, а > 3 м – у вигляді окремих вузлів. Щит має металевий циліндр, який приймає на себе тиск від навколишнього ґрунту. Для пересування щита в ґрунті використовують гідравлічні домкрати, упираючи їх в облицювання тунелю. Розроблений ґрунт відвозять по тунелю вагонетками до шахт і піднімають на поверхню. Безпосередньо за пересувним щитом тунель облицюють керамічними або бетонними блоками. Кожен блок притискається до попереднього щитовими домкратами. Ущільнення стиків проводиться спеціальними мастиками. Порожнечі за обробленням заповнюють розчином для підвищення водонепроникності оброблення. Внутрішнє оброблення колектора складається зі збірної або монолітної залізобетонної сорочки з улаштуванням лотка.

Прохідницький комплекс складається з щита, гідросистеми, маслостанції, шахтних вагонеток, візків для перевезення блоків оброблення, механізму для розвантаження блоків, інвентарного рейкового шляху, електровозу, розчинонагнітача та контейнерів. Прохідницький щит являє собою рухливе кріплення, що складається з корпусу щита, щитових і забійних домкратів і гідравлічного блокоукладчика.

Технологічний цикл будівництва тунелю починається з розробки породи в забої з одночасним просуванням щита на заходку, рівну ширині кільця кріплення.

Відбита порода за допомогою перевантажувача вантажиться у вагонетки, відвозиться до стовбура й піднімається на поверхню. Попереду подаваного під завантаження складу вагонеток на блоковозках подається комплект блоків на одне кільце кріплення. Блоки з блоковозок спеціальним механізмом розвантажуються та подаються до блокоукладчика, який укладає блок в збиране кільце оброблення. Після того як кріплення зведене, починається вироблення чергової заходки, що дорівнює ширині кільця кріплення, тобто прохідницький цикл повторюється. Процес не переривається до закінчення будівництва.

Одночасно із зведенням оброблення тунелю закріплений простір тампонується.

Контрольні питання



1. Охарактеризуйте умови вибору матеріалу і прокладки трубопроводів.
2. Дайте характеристику трубам, що використовуються для самопливної системи водовідведення.
3. Охарактеризуйте принципи влаштування колекторів та каналів.
4. Охарактеризуйте принципи влаштування основ під труби.
5. Охарактеризуйте джерела та види негативного впливу на труби.
6. У чому полягає захист труб від руйнування?
7. Навіщо на водовідвідній мережі влаштовується вентиляція? Типи вентиляції.
8. Охарактеризуйте особливості будівництва водовідвідних мереж.