

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Ужгородський національний університет
Інженерно-технічний факультет
Кафедра міського будівництва і господарства



КУРС ЛЕКЦІЙ
з дисципліни
«ІНЖЕНЕРНІ МЕРЕЖІ ТА СПОРУДИ»
(для студентів напрямку 192 «Будівництво та цивільна інженерія»)

Ужгород – 2024

УДК 711.1

Автор: Н.Ю.Кіс, канд. техн. наук, доцент

Рецензент: Д.І.Кайнц, канд. фіз-мат. наук, доцент, завідувач кафедрою міського будівництва та господарства, ІТФ, УжНУ

Затверджено на засіданні кафедри міського будівництва, протокол №8 від 25.03.2024

Видається в авторській редакції.

КУРС ЛЕКЦІЙ З ДИСЦИПЛІНИ «ІНЖЕНЕРНІ МЕРЕЖІ ТА СПОРУДИ» (ДЛЯ СТУДЕНТІВ НАПРЯМКУ 192 «БУДІВНИЦТВО ТА ЦИВІЛЬНА ІНЖЕНЕРІЯ») / Уклад.: Н. Ю. Кіс. – Ужгород: УжНУ, - 2024 – 84 с.

Призначено для студентів спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» для закріплення теоретичних положень лекційного курсу, здобуття навичок використання нормативної та довідникової літератури та засвоєння початкових основ містобудівного проектування.

Рекомендовано до друку методичною комісією Інженерно-технічного факультету УжНУ

УжНУ, 2024

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
ТЕМА 1. МІСЬКІ ІНЖЕНЕРНІ СПОРУДИ	4
ТА ЇХ РОЛЬ У СТРУКТУРІ МІСТА.....	4
1.1 Коротка історія розвитку міських інженерних споруд	4
1.2 Загальні поняття про міські інженерні споруди.....	9
1.3 Особливості проектування інженерних споруд.....	11
ТЕМА 2. ТРАНСПОРТНІ ІНЖЕНЕРНІ СПОРУДИ	12
2.2 Мостові переходи	15
2.3 Типи та конструкції мостових переходів	21
2.4 Проектування та будівництво мостів	25
2.5 Тунельні споруди	36
ТЕМА 3 СПОРУДИ СИСТЕМ ВОДОПОСТАЧАННЯ.....	44
3.1 Водонапірні вежі.....	44
3.2 Прямокутні та циліндричні резервуари.....	52
3.3 Канали та споруди на них	61
ТЕМА 4 ПІДПІРНІ СТІНКИ	68
ТЕМА 5 ПІДЗЕМНІ КОЛЕКТОРИ.....	75
ДОДАТКИ.....	81
ЛІТЕРАТУРА.....	82

ВСТУП

Сучасного міста не існувало б без інженерного забезпечення. Нові міські споруди будуються поблизу від вже існуючих будівель. Це вимагає від проєктувальників і будівельників глибоких знань у сфері проєктування інженерних споруд на забудованих територіях. Проблеми можуть виникнути як при оцінці властивостей ґрунтів, розрахунках взаємних впливів фундаментів, так і в процесі технології їх зведення. До найбільш відомих міських інженерних споруд відносяться - підпірні стіни різних конструкцій, мости, шляхопроводи, підземні та надземні переходи, стадіони, естакади, підземні тунелі різного призначення, автостоянки, багатоярусні гаражі та ін. Міські інженерні споруди – дисципліна, що розглядає питання проєктування і будівництва різних інженерних споруд, які застосовуються в умовах міст і мегаполісів. Для успішного оволодіння курсом потрібне знання таких дисциплін, як механіка ґрунтів, основи і фундаменти, конструкції залізобетонні, конструкції металеві.

Мета та завдання вивчення дисципліни – формування базових знань про міські інженерні споруди, на основі яких можливо здійснити інженерні рішення у галузі ефективного використання підземного простору та забудові мостів, шляхопроводів, опанування основами проєктування та будівництва, підземних конструкцій і споруд .

Необхідним елементом успішного засвоєння навчального матеріалу дисципліни є самостійна робота студентів з літературою, довідниками, державними нормативними документами та стандартами.

ТЕМА 1. МІСЬКІ ІНЖЕНЕРНІ СПОРУДИ ТА ЇХ РОЛЬ У СТРУКТУРІ МІСТА

1.1 Коротка історія розвитку міських інженерних споруд

Прагнення мати комфортне житлове середовище було, є та буде у людини за всіх часів, незалежно, до якого прошарку суспільства вона належить. Стрімкий розвиток суспільства призвів до того, що нас оточує велика різноманітність складних взаємопов'язаних систем споруд покликаних забезпечити максимально комфортні умови нашого життя, і без яких існування сучасного міста було б неможливим. Забезпечення міст і населених пунктів транспортним сполученням, водою, газом, тепловою та електричною енергією покладено на мережі та інженерні споруди які забезпечують функціонування цих мереж.

З'явилися інженерні споруди доволі давно, ще римська культура славилася численними інженерними спорудами, що і сьогодні вражають своїми розмірами та довершеністю будівельної техніки.

Одними з перших інженерних споруд були споруди для добування та передачі води на відстані, каналізаційні споруди, дороги та мости.

Так в Древньому Римі в результаті винаходу бетону виникає нова техніка зведення стін, поширюються бетонні арки і склепінчасті перекриття. З'являються і удосконалюються такі значні інженерні споруди, як арковий міст, водопроводи, величезні склади. Саме римляни ввели інженерні споруди (мости, дороги, гавані, фортеці) як архітектурні об'єкти у міський пейзаж.

Римська Аппієва дорога - найдавніша, збережена і використовувана досі транспортна артерія не тільки Риму, а й усього світу. Вона була споруджена в IV-III століттях до н.е. По ній підступала до Риму армія Спартака в кінці 70-х років I століття до н.е., а трохи згодом по її узбіччях були розіп'яті на хрестах його воїни, захоплені в полон римлянами.

Особливе місце в благоустрої міст, зростання яких вимагало все більшої кількості води займали водопроводи і акведуки. Від горбистих околиць в міські резервуари вода надходила по кам'яних, обштукатурених гідравлічним

розчином, каналам, які в низинних місцях і на перетинах річок або ярів підтримувалися арочними конструкціями.

У II ст. до н.е. тільки в Римі було дев'ять великих водопроводів, які забезпечували 1350 джерел води, 15 фонтанів, десятки громадських лазень і 11 розкішно обладнаних терм. Загальна довжина водоводів, що забезпечували Рим водою, склала близько 430 км. До другої половини II ст. до н.е. належить створення арочних акведуків - римських інженерних споруд для подачі води - в тому числі акведук Марція в Римі (144 г. до н. е.). Критий водо-водний канал проходив через яри і річки, над дорогами за допомогою мостових конструкцій, що мали іноді величезні розміри. Вони представляли собою систему високих кам'яних пілонів і арок, при великій глибині ущелини, поставлених в кілька рядів один на одного (знаменитий акведук Понт-дю-Гард у р Нім у Франції). До нашого часу збереглися фрагменти грандіозного акведука Клавдія (38-52 рр. н.е.).

Римляни були майстрами в будівництві мостів. Деякі з них, хоча і в руїнах, збереглися до цих пір, наприклад Траянів міст через Дунай біля Залізних воріт. Запроектував його грецький архітектор Аполлодор. Міст, побудований Аполлодором через Дунай, був незабаром розібраний самими римлянами, щоб запобігти несподіваним нападам на території, де запанував «римський світ».

Довжина моста перевищувала 1 км, він височів на 20 кам'яних пілонах висотою 44 м. Сто років тому, коли рівень Дунаю знизився до мінімуму, оголилися 16 потужних фундаментів під пілонами цього мосту - існуюче майже 2000 років свідчення величезного мистецтва і технічної майстерності його творців.

До одних з кращих зразків римського зодчества відносять також міст Траяна в Алькантрі в Іспанії (98-106 рр.н.е.).

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. Хоча саме римляни створили в цій царині черговий інженерний шедевр – акведук. Головною проблемою, яку вирішували римські інженери під час зведення акведуків, було забезпечити напір води. Якщо природний ухил місцевості був достатнім, будували підземні канали, а там, де ландшафт рівнинний, потрібний ухил створювали штучно за допомогою аркад. Використання саме останніх, а не суцільних стін мало чимало резонів: така конструкція була стійкішою до руйнувань, економилися матеріали, нарешті, траса водогону не ставала перепорою для переміщень. Акведуки тягнули не просто від найближчого джерела, а від найближчого джерела зі смачною водою. Часто-густо воно було за кілька десятків кілометрів від споживача (найдовший римський акведук, збудований для постачання водою Карфагена у II столітті н. е., був понад 140 км завдовжки). Втраті якості продукту намагалися всіляко запобігти, і муровані канали мали виключити потрапляння небажаних домішок. І підземні ділянки, і аркади свідчать не тільки про високу якість виконання будівельних робіт, а й про точність інженерних розрахунків. Утім, що з цих двох складових вражає більше, судити важко.

Ще до нашої ери древні народи Єгипту і Індії будували досить удосконалені системи для видалення нечистот за межі населених місць.

Каналізаційні споруди в Середньовіччі 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 подобу колекторів.

Початкові відомості про влаштування централізованих міських водопроводів у Європі відносять до XII ст. Наприкінці XII ст. 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 каналізації. До 1837 р. довжина колекторів у Парижі перевищувала 80 км, а в 1856 р. досягла 140 км.

Гамбург був першим містом Німеччини, в якому побудували каналізацію (1843 р.), потім каналізація з'явилася в інших містах (в Берліні – у 1873 р.). В США – до 1902 р. були каналізовані майже 1000 міст. Істотним недоліком водовідвідних систем Англії, Франції й Німеччині було те, що стічні води по колекторах надходили безпосередньо в ріки у межах міста і забруднювали їх. Це приводило до епідемій кишкових захворювань. 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 склала 130 км.

Перші централізовані системи водопостачання в Київській Русі з'явилися в XI ст. До їхнього числа ставиться, наприклад, самопливний дерев'яний водопровід, побудований у Новгороді.

Під час громадянської війни багато водопроводів було знищено, але в 30-40-х роках їх було відбудовано. І тільки в роки Радянської влади бурхливими темпами починає розвиватися міський підземний простір. Почалося будівництво централізованих систем водопостачання і каналізації в усіх значних містах. Поступово число міст і селищ, обладнаних водопроводом і центральною каналізацією збільшувалося й відповідно в десятки разів зростала довжина водопровідних і каналізаційних мереж.

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 приблизно 100 км, очисні споруди були представлені полями зрошення загальною площею 1150 га, що дозволяло очищати близько 50 000 м³ стічних вод за добу.

Перші роздільні системи каналізації були побудовані в 1893 р. у Києві й Ростові-на-Дону. Потім була побудована перша черга Московської каналізації, що охоплювала тільки центр міста (1898р.).

Таким чином, до революції тільки сім міст України мали повноцінні системи каналізації - це Одеса, Львів, Харків, Ялта, Севастополь і Дніпропетровськ.

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 з'явилися централізовані системи теплопостачання з теплоносієм у вигляді пари або гарячої води.

Розвиток централізованого теплопостачання тісно пов'язано з електрифікацією країни. У другій половині XIX ст. з'являються два нових види централізованого енергопостачання - газопостачання й електропостачання.

У роки Радянської влади в країні було створено сім науково-дослідних інститутів, які активно розвивають енергетичне господарство міст і промислових підприємств.

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. Сьогодні міські інженерні споруди займають надзвичайно важливе місце в такій системі, як екополіс (місто та його життєзабезпечення). Інженерні споруди будуються на промислових площах (вежі, бункера, пішохідні та транспортні галереї, канали, тунелі, фундаменти під обладнання, естакади, підпорні стіни та інші).

1.2 Загальні поняття про міські інженерні споруди

Відповідно до визначення Державного класифікатора будівель та споруд, *інженерні споруди* – це об’ємні, площинні або лінійні наземні, надземні або підземні будівельні системи, що складаються з несучих та в окремих випадках огорожувальних конструкцій і призначені для виконання виробничих процесів різних видів, розміщення устаткування, матеріалів та виробів, для тимчасового перебування і пересування людей, транспортних засобів, вантажів, переміщення рідких та газоподібних продуктів тощо.

До інженерних споруд належать:

- транспортні споруди: автостради, вулиці та дороги, залізниці, злітно-посадкові смуги, мости, естакади, тунелі та метро, порти, канали, греблі та інші водні споруди;

- трубопроводи, комунікації та лінії електропередачі;

- комплексні промислові споруди;

- інші інженерні споруди (споруди спортивного та розважального призначення, а також військові інженерні споруди, випробувальні центри, космодроми, полігони складування побутових відходів і таке інше).

Всі інженерні споруди мають цільове призначення, за яким і виконується їх класифікація – теплові електричні станції, атомні електричні станції, гідроенергетичні споруди, дороги, мости, метро і тунелі, аеродроми, лінії електропередачі, магістральні трубопроводи.

Крім призначення інженерні споруди також класифікують за наступними ознаками: за призначенням, за розташуванням, за довжиною, за конструктивним рішенням, за матеріалом, за умовами використання.

Для проектування конструкцій будівель чи споруд цивільного призначення, у залежності від їх архітектурної й технічної складності, згідно ДБН А.2.2-3-2012 «Склад та зміст проектної документації на будівництво» встановлено 5 категорій складності.

До **I категорії** складності відносяться архітектурно й технічно не складні об'єкти (господарські будівлі при житлових будинках, садові літні будиночки, відкриті ринки тощо).

До **II категорії** складності відносяться архітектурно не складні, але технічно складні, або технічно не складні, але архітектурно складні об'єкти (1 -3-поверхові садибні житлові будинки, будинки сільських рад, аптеки, туристичні бази, бари, РАГСи, підприємства зв'язку тощо).

До **III категорії** складності відносяться архітектурно й технічно складні об'єкти (2 – 10-поверхові житлові багатоквартирні будинки, готелі III-IV розряду, дитячі ясла, загальноосвітні школи, будинки страхових компаній, будинки архівів, профілакторії, спортивні зали, бібліотеки, ресторани, автовокзали, відділення зв'язку, монастирі тощо).

До **IV категорії** складності відносяться архітектурно складні, але технічно особливо складні, або технічно складні, але архітектурно особливо складні об'єкти (багатоповерхові (понад 10 поверхів) житлові будинки всіх типів, готелі I-II розряду, ліцеї, університети, банки, поліклініки, кінотеатри тощо).

До **V категорії** складності відносяться архітектурно й технічно особливо складні об'єкти (багатоповерхові архітектурні житлові комплекси зі складною структурою, готелі вищого розряду, театри, цирки, залізничні вокзали, аеропорти, телецентри, храми, підземні лінії метрополітену тощо).

В залежності від геоморфологічних, геологічних і гідрогеологічних чинників розрізняють **три категорії складності інженерно-геологічних умов ділянок будівництва інженерних споруд**.

За прийнятими нормативами в Україні (згідно з ДБН А. 2.2-3-2004) будівництво інженерних споруд здійснюється на підставі затвердженої проектної документації складовими частинами якої є ескізний проект (ЕП); техніко-економічне обґрунтування (ТЕО); техніко-економічний розрахунок (ТЕР); проект (П); робочий проект (РП); робоча документація (Р).

Залежно від порядку розроблення проектної документації об'єми вишукувальних робіт розподіляють таким чином:

- для передпроектних робіт, а також для розроблення ескізного проекту (ЕП)
- на основі літературних, фондових джерел (враховуючи й державний картографо-геодезичний фонд) і обґрунтованого обсягу польових і лабораторних робіт;
 - на стадіях: техніко-економічне обґрунтування (ТЕО) чи техніко-економічний розрахунок (ТЕР), проект (П) або робочий проект (РП) - основні обсяги вишукувань (до 100%);
 - на стадії робочої документації (Р) - додаткові обсяги вишукувальних робіт за відповідного обґрунтування в технічному завданні.

1.3 Особливості проектування інженерних споруд

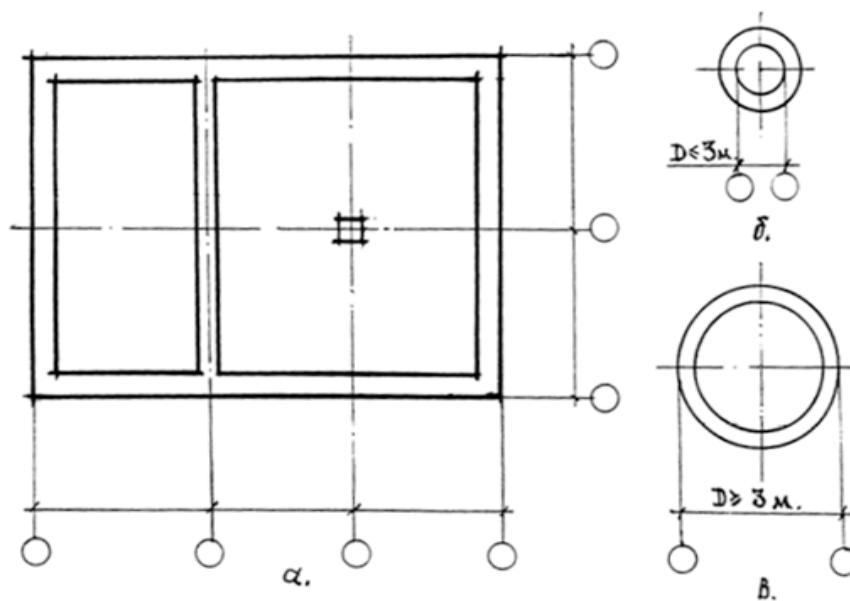
Майже для кожної інженерної споруди є Державні будівельні норми(ДБН), які чітко описують особливості проектування, спорудження та експлуатації інженерної споруди і використовуються при проектуванні та будівництві.

Інженерні споруди проектують на основі Єдиної модульної системи (ЄМС), яка являє собою сукупність взаємопов'язаних розмірів об'ємно-планувальних і конструктивних елементів будинків або споруд на основі модуля, що дорівнює 100 мм і похідних від нього.

Модульна система сприяє уніфікації розмірів конструкцій і деталей будинків та споруд і створення єдиної методики складання будівельних проектів. За допомогою вживання модульної системи як під час проектування, так у послідуєчому і в будівництві, досягається можливість випуску підприємствами будівельної промисловості мінімального асортименту кожного виду будівельних виробів, а також можливість взаємозамінності деталей і конструкцій відповідно місцевим умовам.

Прив'язку розбивочних осей до конструкцій споруд виконують залежно від форми споруди. По формі в плані виділяють прямокутні та циліндричні інженерні споруди. У відкритих прямокутних спорудах розбивочні осі повинні сполучатися для зовнішніх стін з верхнім зовнішнім ребром панелей, для внутрішніх стін і колон - з їх геометричними осями; в закритих прив'язка

розбивочних осей зовнішніх стін призначається в залежності від прийнятого конструктивного рішення, виходячи з того, щоб було забезпечено надійне обпирання конструкцій покриття на стіни.



а– прямокутних; б, в– циліндричних відповідно $3 d \leq m$ і $3 d > m$.

Рис.1.2 Прив'язка розбивочних осей до конструкцій споруд

В циліндричних спорудах розбивочну вісь, відповідно діаметру споруди, сполучають з внутрішньою гранню стін для споруд радіусом кривизни 3 м і з зовнішньої для споруд з великим радіусом кривизни.

ТЕМА 2. ТРАНСПОРТНІ ІНЖЕНЕРНІ СПОРУДИ

2.1. Загальні відомості про транспортні інженерні споруди

Дороги є комплексними спорудами, що мають дуже розвинуту інфраструктуру. Окрім власне об'єктів дороги, уздовж неї для забезпечення нормального обслуговування людей і проходження транспорту, влаштовують вокзали, станції, термінали, депо, платформи, зупинки, різні транспортні службові будівлі. При перетині перешкод будують різні штучні споруди: мости, тунелі, труби, інші споруди.

Враховуючи, що предметом вивчення даної дисципліни є міські інженерні споруди, автор не висвітлює особливості проектування будівель, а лише інженерних споруд.

Штучні споруди - найбільш складна частина залізничних та автомобільних доріг. Умовно, їх можна поділити на дві групи:

- **Надземні** - ті, що зводяться над поверхнею землі мости різного типу і водопропускні труби, які влаштовують через водотоки та інші перешкоди;
- **Підземні** - що споруджуються під поверхнею землі на перетині дороги й гір, високих пагорбів і при прокладанні у великих містах ліній метрополітенів.

При проектуванні нових і реконструкції існуючих штучних споруд слід виконувати основні вимоги державних будівельних норм по забезпеченню надійності, довговічності та безперебійності експлуатації споруд, дотримання безпеки і плавності руху транспортних засобів, безпеки для пішоходів, з охорони праці робітників в період будівництва та експлуатації

Враховуючи високий рівень відповідальності, *до дорожніх штучних споруд ставлять ряд виробничих, експлуатаційних, розрахунково-конструктивних, економічних і архітектурних вимог.*

Виробничими і експлуатаційними вимогами передбачається забезпечення зручного і безпечного руху по мосту або іншій штучній споруді без зниження швидкості.

Ширина проїжджої частини і тротуарів споруди повинна відповідати розрахунковій пропускній спроможності з урахуванням перспективи зростання інтенсивності руху. Полотно проїжджої частини має бути влаштованим з міцного зносостійкого матеріалу. Необхідне добре відведення води з поверхні полотна. Схема моста, величини прольотів і піднесення конструкції над рівнем води в річці, повинні забезпечувати безпечне пропущення паводків чи льодоходу, а також задовольняти вимогам судноплавства. Всі споруди повинні мати конструкцію з тривалим терміном роботи і зручну для огляду в процесі експлуатації. Перевагу слід віддавати таким видам споруд, матеріалам і конструкціям, які надалі у

майбутньому потребують мінімальних експлуатаційних витрат на утримання і ремонт.

Конструкції штучних споруд мають відповідати вимогам **індустріального виготовлення** (на заводах, полігонах) і **механізованого зведення** при високих темпах будівництва і гарній якості робіт.

На автомобільних дорогах, і особливо в містах, мости бажано влаштовувати з їздою зверху. Вони мають конструктивні переваги і, крім того, для проїжджаючих по мосту оточуючий пейзаж залишається відкритим, а в міських умовах такий міст не порушує загального вигляду прилеглої забудови.

Розрахунково-конструктивні вимоги направлені на те, щоб споруда в цілому і окремі її елементи були міцними, стійкими і жорсткими.

Міцність споруди досягається, якщо зусилля (або напруги) у всіх її елементах і з'єднаннях не перевершують допустимих. Стійкість забезпечується, якщо прогінні будови та опори є стійкими до перекидання й зсуву, а стислі до - випинання від поздовжнього згину. Вимоги до жорсткості споруди дотримуються, якщо її деформації під дією навантажень не перевершують допустимих величин. Значні деформації (недостатня жорсткість) є шкідливими, а іноді і небезпечними для споруди. Так, наприклад, якщо міст недостатньо жорсткий і під навантаженням дає великі прогинання, то це може утрудняти рух по ньому автомобілів з великими швидкостями та може викликати його руйнування. Виникнення значних вібрацій моста неприємне для пішоходів і може бути небезпечним для його конструкції, що також може унеможливити його експлуатацію.

Економічні вимоги впливають з необхідності вибору при проектуванні такого рішення, при якому витрата засобів та матеріалів для зведення споруди, а також трудомісткість робіт будуть як найменшими. Зважаючи на труднощі, які виникають при урахуванні всієї сукупності економічних вимог, часто користуються будівельною вартістю як економічною характеристикою споруди. Проте оцінка економічності за однією тільки будівельною вартістю є недостатньою. Необхідно також враховувати термін

служби, експлуатаційні умови, витрати на утримання, ремонт та можливу реконструкцію споруди. Крім того, треба оцінювати наявні місцеві ресурси й можливості, а також загальні народногосподарські умови, що впливають на вибір економічно обґрунтованого варіанту.

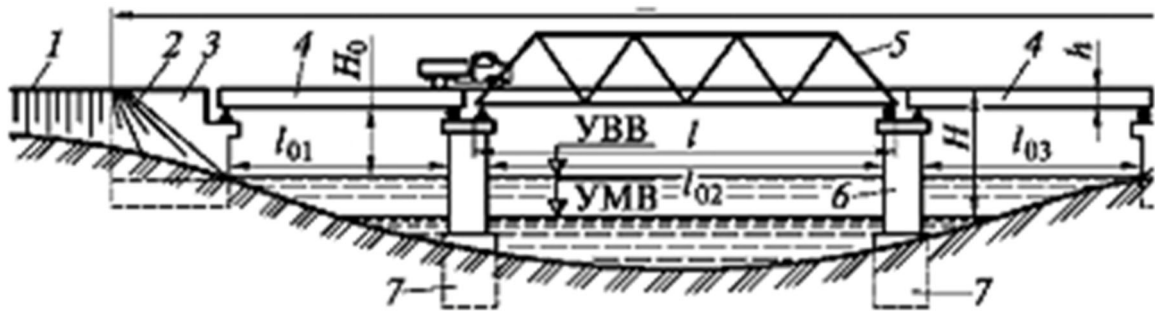
Архітектурні вимоги пов'язані з необхідністю вибору такого варіанту, при якому споруда має кращий зовнішній вигляд і гармонує з оточуючою місцевістю або міською забудовою. При цьому архітектурні вимоги мають бути органічно пов'язані з будівельно-технічними. Особливо серйозні архітектурні вимоги висуваються до міських мостів, які повинні гармоніювати із загальним архітектурним ансамблем оточуючої забудови.

2.2 Мостові переходи

Навряд чи хто-небудь засумнівається в тому, що одним з перших винаходів людства став міст. Невигадливі мости, які представляли собою перекинуту через струмок колоду, з'явилися ще в глибоку давнину. Це просте на вигляд відкриття – міст, стало революційним та відкрило людству можливість переміщатися через різні перепони і перешкоди.

В даній лекції будуть розглянуті конструкції типу мостів. Повністю такі споруди називаються мостовим переходом.

Мостовий перехід - весь комплекс споруд у надводного перетину дорогою, вулицею, пішохідною трасою або трубопроводом водної перешкоди. В загальному випадку він складається з: опор биків (проміжні опори) і стоянів, прогінних будов моста, насипів або виїмок, підходів і регуляційних споруд (Рис.2.1). Для тимчасових мостів з тимчасовими опорами існують кригорізи.



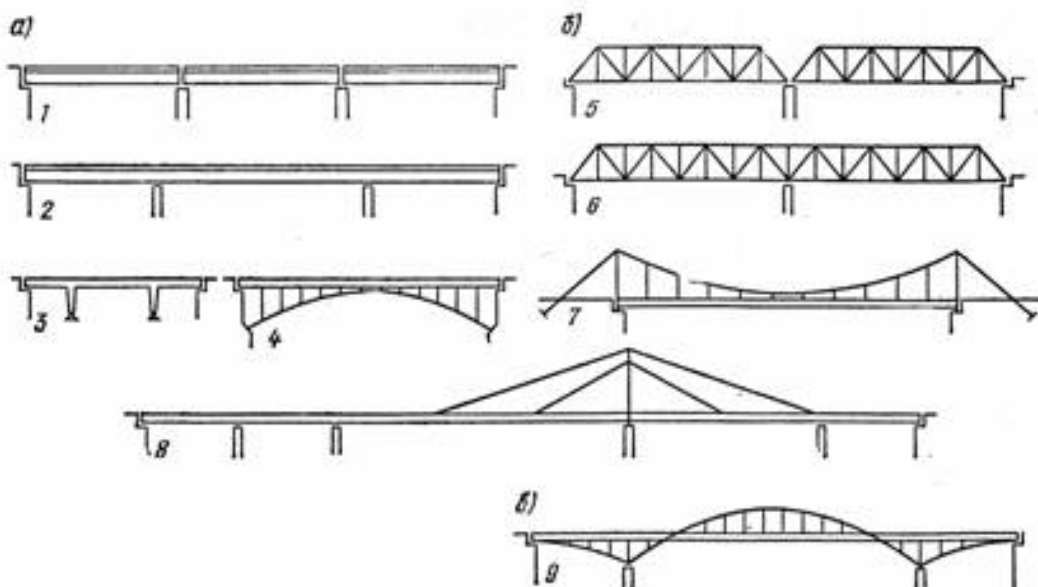
1 – насип моста, 2 – конус насипу, 3 – стоян, 4 – прогінна будова (балка, їзда зверху), 5 – прогінна будова (ферма, їзда низом), 6 – проміжна будова – (бик), 7- фундамент опори

Рис. 2.1. Основна схема моста

Існує велика номенклатура мостів, тому їх класифікують за різними ознаками:

1. В залежності від рівня пропуску транспорту мости і пролітні будови можуть бути:

- з їздою поверху,
- понизу
- посередині (рис. 1.1)
- Двоярусними



a – з їздою поверху; *б* – з їздою понизу; *в* – з їздою по середині; 1-3 – суцільностінові; 4-7;9 – наскрізні; 4;7-9 – комбіновані

Рис.2.2 Основні види пролітних будов

2. за характером перешкоди:

- Міст - споруда, що замінює насип у межах водотоку, що перетинається дорогою (Рис.2.2(а)).

Міст складається з опор і прогінних будов, які перекривають вільний простір між опорами.

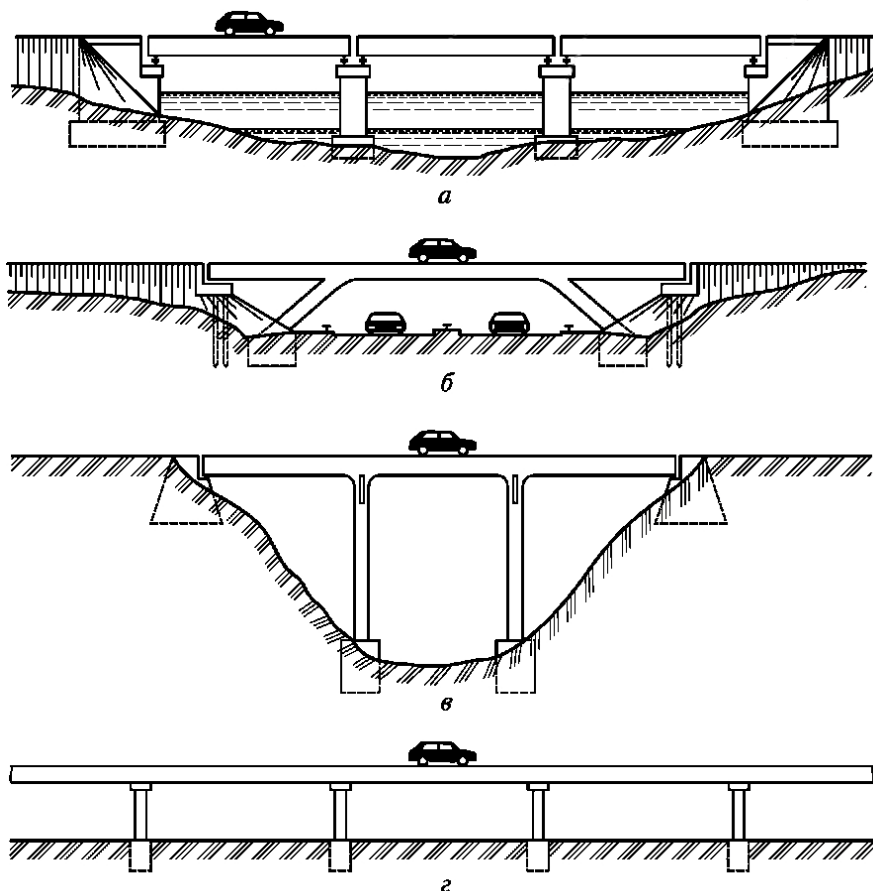
- Шляхопровід - міст, при якому одна дорога пропускається під іншою (Рис.2.2(б)).

- Віадук - міст, побудований при перетині дорогою глибоких ярів, ущелин не тільки для пропускання води, але і замість насипу, якщо його зведення виявляється неможливим (Рис.2.2(в)).

- Естакада - споруда значної довжини, призначена для підняття проїжджої частини дороги над оточуючою територією, із залишенням вільних просторів під дорогою (Рис.2.2(г)).

- Акведук - споруда мостового типу, призначена для пропускання над перешкодами водопроводів, які використовуються для водопостачання.

- Продуктопровідні переходи - мостовий перехід для пропускання над перешкодами газо-, нафто-, бензино- та інших проводів.



а – міст; б – шляхопровід; в – віадук; г – естакада;

Рис 2.3 Види мостових споруд

2. По області застосування дороги, що прокладається:

- залізничні (на дерев'яній поперечці, залізобетонні безбаластні, на баласті),
- автодорожні,
- пішохідні
- міські
- комбіновані (наприклад автомобільно-залізничні)
- водні шляхопроводи (мости для кораблів з низькою ватерлінією в Ірландії і Германії)
- трубопровідні.

Міські мости близькі до автодорожних, але відрізняються від них габаритами (це пов'язано з меншими швидкостями руху і наявністю досить великого числа смуг руху), особливою увагою до архітектурного вигляду моста, що часто визначає індивідуальність його конструкції, і в багатьох випадках призначенням до пропуску не тільки безрейкового, але і рейкового міського транспорту (трамвай, метро, міська електричка).

Мости, що виконують функції одночасно залізничного (загальної мережі або промислового транспорту) і автодорожнього або міського моста, називають об'єднаними. Автодорожні і міські мости майже завжди передбачають пропуск пішоходів, а спеціальні пішохідні мости при достатній ширині зазвичай перевіряють на пропуск одиночних автомашин. Трубопровідними називають мости, основне призначення яких – підтримка трубопроводу.

3. За видом використовуваного матеріалу

- кам'яні,
- дерев'яні,
- залізобетонні,
- металеві,
- комбіновані.

4. За конструкціями

- балкові - у разі виникнення тільки вертикальних опорних реакцій;
- аркові - у разі виникнення розпору, який прагне розсунути опори, і наявністю основних несучих конструкцій аркового контуру (рис 2.4);
- рамні - у разі виникнення аналогічного розпору і виконання верхніх елементів опор жорстко з'єднаними із прогінними будовами;
- висячі - у разі виникнення розпору, який прагне зблизити анкерні масиви або опори, коли несуча кабельна конструкція працює як висяча нитка (рис 2.5);
-



а.



б.

а. «Rio Niterói» Бразилія; *б.* «Kwang Ahn» (Пусан, Корея)

Рис. 2.4. Балкові мости



а.



б.

а. «Demkabrige II», проліт 255 м (Утрехт, Голландія);

б. «York Millenium», головний прогін 80 м (Манчестер, Англія)

Рис. 2.5. Аркові мости

- підвісні - з обладнанням високих опор і з'єднанням прогінної будови моста з опорою за допомогою елементів, працюючих на розтягування. Такі мости ще називають вантові, кабельні, вантово-балкові (рис. 2.6);
- комбіновані - з'єднання декількох схем, здебільше балкові схеми мостів, суміщені з висячими або підвісними (рис 2.7).

- розвідні - можливість підняття або повороту прогінної будови для пропуску кораблів (Рис. 2.8).
- складні



а.



б.

а. «Storebaelt East» (Данія); *б.* «Akashi-Kaikyo» (Японія)

Рис.2.6.Висячі мости



а.



б.

а. «Sun Marine» (Японія) *б.* «Sunshine Skyway» (США)

Рис.2.7 Вантових мости



а.



б.

а. «Great Belt East» (Данія-Зеландія); *б.* «Lake Maracaibo» (Венесуела);

Рис. 2.8 Комбіновані мости



а



б

а - Тауерський міст (Лондон), *б* –
Благовіщенський міст (Санкт-Петербург)

Рис. 2.9 Розвідні мости

2.3 Типи та конструкції мостових переходів

До основних типів мостових переходів, які найчастіше споруджують в містах відносять мости, шляхопроводи та естакади.

Висока інтенсивність руху на багатьох автомобільних магістралях, в крупних містах і передмістях, а також необхідність забезпечення безпеки руху автомобілів, викликають потребу спорудження спеціальних споруд, які дозволяють проїжджати автомобілям без зупинки на перетині магістралей або безперешкодно переходити з одної дороги на іншу. Такі функції і виконують шляхопроводи та естакади.

Шляхопроводи являють собою мостові споруди з числом прольотів до п'яти (якщо більше то це - естакада). Залежно від вигляду пересічення доріг (або конфігурації пересічних вулиць міста) шляхопроводи можуть бути прямолінійними або криволінійними в плані. Інколи їх зводять багатоярусними, так що пролітні будови розташовуються одна над іншою.

Естакади - мостові споруди які мають більше п'яти прольотів. Їх часто використовують як для естакадного під'їзду до прольоту моста, а іноді для відділення автомагістралі від міської інфраструктури (найчастіше в метро).

Естакади часто є елементами інших транспортних споруд: пандуса, річкових мостів, багаторівневих під'їзних шляхів.

За способом виготовлення конструкцій залізобетонних естакад і шляхопроводів їх можна розділити на *монолітні*, *збірно-монолітні* і *збірні*. Монолітні споруди виконують з бетону, що укладається в опалубку безпосередньо на місці будівництва. Збірно-монолітні конструкції утворюються зі збірних елементів і монолітного бетону, що об'єднує ці елементи в одне ціле. Збірні естакади і шляхопроводи повністю виконують із заздалегідь виготовлених елементів. Монолітний бетон може використовуватися і в цьому випадку для заповнення швів, стиків, але його обсяг у кілька разів менше обсягу збірного.

Основними елементами естакад та шляхопроводів є прогони, опори та фундаменти

Прогонові будови естакад та шляхопроводів можна поділити за типом конструкції на плитні, ребристі і коробчасті. Плитні прогонові будови виконують постійною або змінною висоти, суцільного перерізу, з поздовжніми або поперечними пустотами.

Опори естакад і шляхопроводів можуть бути палевими, стовпчастими, рамними і у вигляді стінок

Палеві опори являють собою одну або декілька стійок прямокутного, круглого або іншого перерізу, що підтримують пролітну будова в окремих точках. Обпирання стійок по кінцях може бути шарнірним або жорстким.

Стовпчасті опори складаються зазвичай з одного стовпа суцільного або пустотілого перетину з круглою, еліпсовою, багатокутною або іншою формою. З'єднання жорстких стійок з ригелем, утворюють рамні опори.

Опори у вигляді стінок поширюються в поперечному перерізі естакади або шляхопроводу на всю їх ширину або значну частину.

Фундаменти естакад і шляхопроводів виконують у вигляді залізобетонних стін, і їх конструкція не має суттєвих відмінностей у порівнянні з кінцевими опорами мостів.

Що стосується конструктивних схем, естакади і шляхопроводи в більшості випадків влаштовують балочної і рамної систем. Рідше застосовують вантову систему і лише в окремих випадках для шляхопроводів - арочну.

Балочні системи Естакади і шляхопроводи балочно-розрізної системи виконують на рівнинних місцевостях. У місцях розташування деформаційних швів від проїжджаючих автомобілів виникають удари, що збільшують зусилля і напруги в перетинах прогонових будов. Для уникнення цього по несучих балках влаштовують нерозрізну плиту.

При великій загальній довжині естакад прогонові будови поділяють над проміжними опорами деформаційними швами на окремі багатопролітні секції довжиною 60-80 м і більше.

Рамні системи Досить часто нерозрізні прогонові будови жорстко з'єднують з верхом опор, утворюючи багатопрогону раму систему. Протяжні рамні конструкції розбивають на незалежно працюючі секції. У шляхопроводах застосовують часто однопрогонові рамні системи з вертикальними або похилими стійками, що мають шарнірне або жорстке з'єднання з фундаментами (рис.2.8 г-е).

Вантова система У сучасних естакадах і шляхопроводах знаходить застосування вантова система, що дозволяє перекривати значні по довжині прольоти. За статичною схемою вантові конструкції є комбінованими, оскільки містять в своєму складі гнучкі елементи - ванти, а в рівні проїзної частини - нерозрізну балку жорсткості.

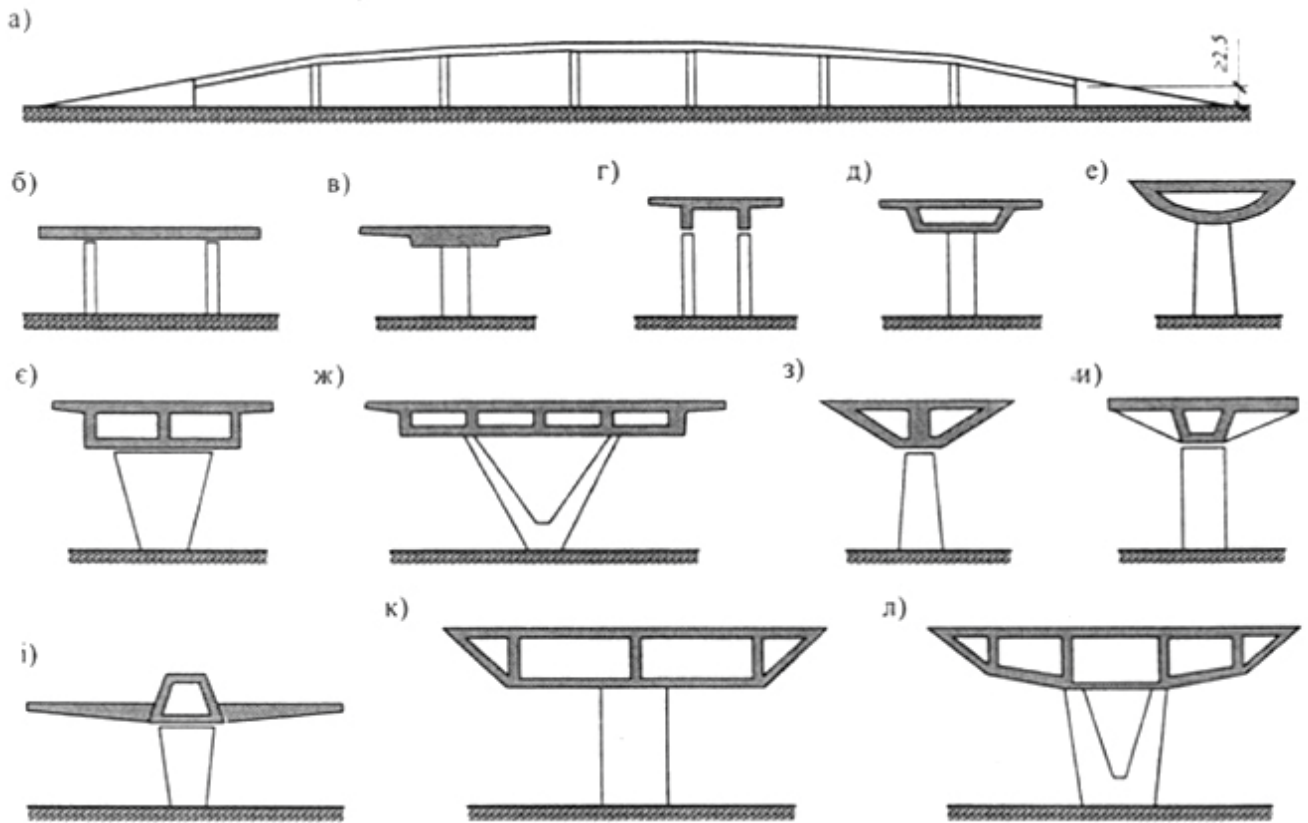
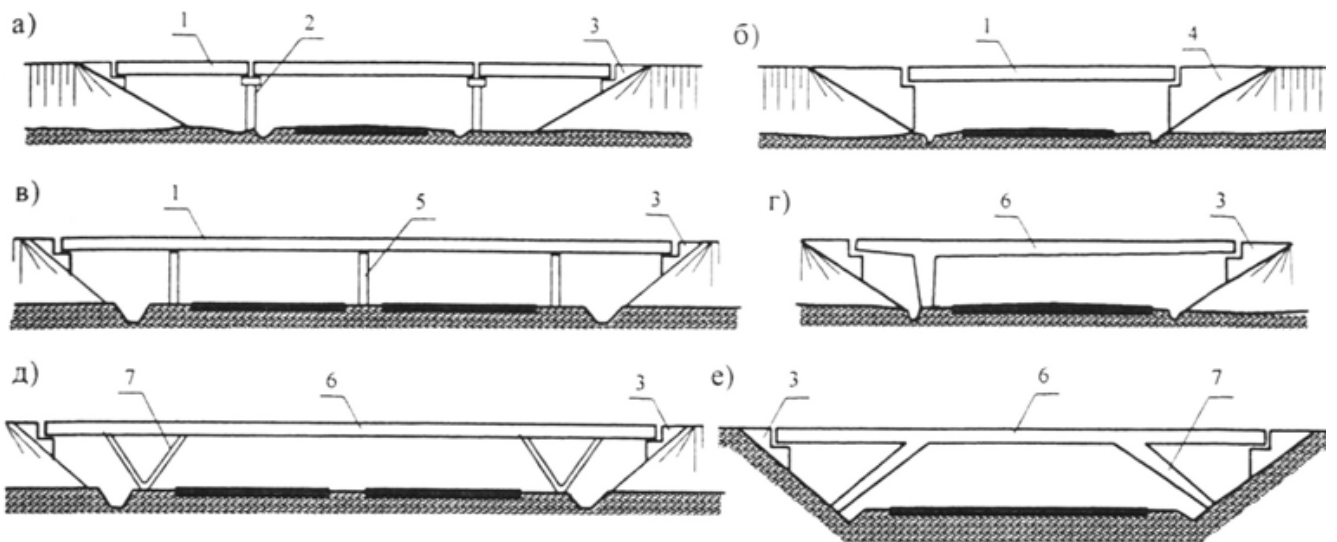


Рис.2.10 Схема естакади та типи її поперечних перерізів



а,б – балочно-розрізна система; в- нерозрізна система; г-е – рамна система;
 1-пролітна будова; 2-опора; 3- насипний стоян ;4- масивний стоян; 5-стійка
 опори на розділовій смузі; 6-ригель рамного шляхопроводу; 7- стійки

Рис.2.11Схеми шляхопроводів

2.4 Проектування та будівництво мостів

Проект моста розробляють на основі даних попередніх досліджень, які проводяться з метою виявлення всіх місцевих умов, необхідних для вибору місця розміщення споруди, її системи, основних розмірів і особливостей конструкції. При дослідженнях з'ясовують топографічні і геологічні умови в місці зведення споруди, а для мостів і труб - також дані про можливі припливи води.

Проекти мостів та інших штучних споруд розробляють послідовно, стадіями, залежно від їх розмірів.

Для більшості малих і середніх мостів застосовують типові проекти, складені для проїжджої частини різної ширини та нормативних навантажень, розміри яких приймають з урахуванням матеріалу споруди. Типовий проект містить комплект робочих креслень конструкцій прогінних будівель та опор, а також відомості щодо витрати матеріалів на будівництво. Задача проектування у цьому випадку полягає у виборі найбільш раціональної типової конструкції, що відповідає реальним місцевим умовам, з урахуванням можливостей виготовлення конструкцій на найближчому заводі мостових конструкцій, умов їхнього транспортування і монтажу, а також прив'язки її в плані і профілі до реального рельєфу місцевості.

Конструкції великих мостів здебільшого розробляють як індивідуальні проекти, їхнє проектування здійснюють у дві стадії.

1. Складання технічного проекту споруди.

На цій стадії вирішують усі принципові питання щодо вибору місця розташування та системи моста, конструкції прогінних будов і опор, методів організації будівництва, а також складають кошторис на будівництво.

2. Складання робочих креслень споруди.

Їх розробляють на основі затвердженого технічного проекту, деталізуючи і докладно конструюючи усі елементи споруди. Робочі креслення містять також проект організації будівництва, проекти всіх допоміжних пристроїв, специфікації та інші дані, необхідні для виконання всіх робіт з будівництва.

При розробці *проектів великих мостів* до технічного проекту складають техніко-економічне обґрунтування будівництва моста, в якому на підставі аналізу місцевих умов і транспортних потоків доводиться економічна доцільність його будівництва

Мости та інші штучні споруди розраховують, користуючись методом граничних станів.

Навантаження і впливи беруть у найбільш невідгидних можливих при експлуатації положеннях і сполученнях для кожного елемента, що розраховується, частини конструкції або всієї споруди в цілому.

Враховуючи, що мости сприймають динамічні дії, особлива увага при проектуванні і конструюванні мостів надається проблемам витривалості (утоми). Перш за все всі з'єднання та вузли металевих і сталобетонних конструкцій розраховуються на проектний термін служби. На підставі цих розрахунків визначаються терміни оглядів та ремонтів. У процесі виготовлення конструкцій всі зварні з'єднання піддаються ультразвуковому і (або) рентгенівському контролю. Уникають місць концентрації напружень шляхом спеціальних конструктивних заходів: шліфуванням зварного шва та основного металу, усуненням болтозварних з'єднань, усуненням сталей великої товщини, зварних пакетів і т.п.

Першим (і найдорожчим - до 50% витрат від загальної вартості будівництва) етапом у побудові мосту є зведення опор. Опори споруджуються у відкритих котлованах або шляхом занурення в ґрунт паль, опускних колодязів, кесонів, збірних оболонки.

Палі (в основному, залізобетонні) використовуються, при будівництві малих і середніх мостів. Вони занурюються в ґрунт за допомогою дизельних молотів і електричних віброзанурювачів. При зведенні великих мостів використовуються в основному збірні оболонки діаметром до 3 м.

Нині найбільш популярним фундаментом на палевій основі є фундамент на буронабивних палях, що споруджуються бурінням в обсадній трубі. Дана конструкція застосовується як на суші, так і на акваторії. Пролітні будови

зазвичай встановлюють на опори монтажними кранами. При будівництві великих мостів пролітну будову, нерідко, збирають на березі і потім переміщують по опорах з одного берега на інший.



Рис.2.12 Занурення опор - залізобетонних оболонки на будівництві моста

Навісний метод установки припускає нарощування конструкції від опори моста в його проліт (рис.2.13). При цьому застосовується навісний монтаж за допомогою крана, що рухається по вже побудованій частині (для металевих будов) або ж навісна збірка з виготовленням окремих елементів на заводі і подальшим транспортуванням їх до об'єкта (для залізобетонних). Інакше відбувається будівництво навісних мостів: воно починається з установки пілонів; потім на них підвішуються тимчасові кабелі. З їх допомогою проводиться навіска основних кабелів моста, після чого монтують підвіски і балку жорсткості.



Рис. 2.13 Навісний метод монтажу рамного моста

Дерев'яні мости

Мистецтво будівництва дерев'яних мостів було розвинене в Стародавньому Римі та Стародавньому Єгипті. Таким будівництвом займалися в основному раби, але такі знання високо цінувалися, і раб-архітектор мостів мав високий авторитет. Перші мости споруджувалися повністю з дерева, потім стали будувати опори з каменю, і з часом мости стали будувати цілком з каменю з застосуванням цементу.

Перші згадки про мости на Русі зустрічаються в літописах XI-XII століть. Тоді зводили дерев'яні мости через великі річки з дерев'яними пролітними будовами і дерев'яними опорами. Перший наплавний міст у Києві був зведений в 1115 році при Мономахові.

Дерев'яні мости закривали з боків щитами, а зверху уздовж всього моста дахами для захисту від дощу, сонця та снігу. В цьому відношенні заслуговує уваги критий черепицею міст «Каплиці» в Швейцарському місті Люцерн. Він має довжину 198 м, побудований в 1333 році і практично не змінився. На зорі середньовіччя в затишному куточку Швейцарії виникло невелике рибальське село, на місці якого в 1178 році було засноване місто, назване Люцерном, що в перекладі означає «місто, що випромінює світло». Найцікавішим місцем Люцерна вважається міст Каплиці. Він був побудований в XIV столітті і вважається одним з найбільш древніх дерев'яних мостів в Європі. Цей міст, що з'єднує береги річки Рейс, покритий черепичним дахом і має довжину 198 м. Над серединою мосту піднімається башта-каплиця, міст і башта спочатку були частиною міських оборонних споруд.



Рис. 2.14 Дерев'яний міст в Люцерні, Швейцарія

Відносно нещодавно використання деревини в будівництві мостів отримало новий розвиток. Застосування нових технологій в деревообробній галузі, таких як клеєна деревина і великопролітні клеєні дерев'яні конструкції, дають можливість застосовувати ефективні конструктивні рішення в будівництві дерев'яних мостів.

В СРСР існували дерев'яні мости різних систем, споруджувані в районах, багатих лісом. При прольотах 6-8 м застосовувалися найпростіші балкові системи, а при прольотах 10-18 м - з складовими або клеєними прогонами або підкісні системи. Дерев'яний міст, як правило, і по цей день роблять з деревини хвойних порід (сосна, ялина, модрина).

Кам'яні мости

В Стародавньому Римі було побудовано велике число довговічних кам'яних мостів, що збереглися до теперішнього часу. Видатними Грандіозними спорудами давньоримської архітектури стали аркади акведуків. В Рим, з його басейнами, фонтанами і розкішними термами, воду подавали з Альпійських гір за допомогою багатокілометрових комунікацій. Щоб вона йшла самопливом, був необхідний невеликий постійний ухил. Тому при підвищеннях рельєфу труби

доводилося поглиблювати в землю, а над ярами і долинами зводити спеціальні мости. Будівництво водопроводів було справою виключної важливості. Утилітарні пристрої перетворилися в монументальні архітектурні споруди, величні навіть в Руїнах. Один із шедеврів давньоримської архітектури, так званий Гардський міст, - величезна триярусна аркада, по якій канал акведука пересікав глибоку долину річки Гар поблизу міста Німа у Франції. Нижній ярус аркади, висота якого 21,6 і ширина 6,36 м, складається з шести арок і несе на собі другий ярус висотою 21,5 м і шириною 4,56 м. По третьому ярусу висотою 7,82 і шириною 3,06 м прокладений канал акведука. В цьому ярусі 35 маленьких арок. Загальна висота споруди 48,77 м. Довжина поверху становить-275 м, аркади другого ярусу - 242, нижньої аркади - 142 м. Прольоти арок першого ярусу і що припадає над ним частини другого збігаються по вертикалі.

Кам'яні мости і донині у великій кількості існують у багатьох містах світу, наприклад, в Парижі через річку Сену, в Празі, Лондоні, Москві, Санкт-Петербурзі та ін.

Металеві мости

Через велику кількість недоліків у якості матеріалів, як дерев'яних, так і кам'яних мостів, довелося звернутися до іншого виду матеріалу для будівництва - металу.

Дуже часто метал добре поєднується з каменем і виходить, що опори моста кам'яні, а прогонові будови металеві. Першим металом, як будівельним матеріалом в мостобудуванні, являвся чавун. Першими запропонували використовувати його італійці, але на ділі здійснили це англійці в 18 столітті. Але у чавуну дуже великий недолік. Чавун крихкий. На зміну йому прийшло зварювальне і лите залізо, воно добре працювало на розтягування і стиснення.

В 19 столітті застосування металу широко поширилося вже і у вітчизняному будівництві. Все більше і більше чавун замінювали на залізо, залізо на сталь, ну а нині застосовують сталь з домішками (добавками), які збільшують міцність і антикорозійні характеристики металу. Зараз сплави - один з головних

матеріалів в сучасному світі будівництва. Характеризується своєю високою міцністю, однорідністю, непроникністю до рідин і газам і високою корозійною стійкістю. Метал володіє відмінними механічними властивостями при різних навантаженнях і їх поєднаннях. Метал добре поводить себе при обробці, дозволяє робити з нього різні форми і конструкції, що дозволяє застосовувати різні системи мостів.

В металевій балочній пролітній будові несучою конструкцією є головні балки або ферми. Для прольотів до 33 метрів застосовуються балки із суцільними стінками. Вони більш зручні у виготовленні та експлуатації. В прольотах понад 33 метрів несучою конструкцією є ферми. Ферми складаються з нижнього і верхнього поясу, а також розкосів, підвісок і стійок.

Відносно (до балок) полегшення ваги металу в фермах зростає із збільшенням прольоту. Так само зменшення маси можна домогтися шляхом застосування нерозрізних конструкцій балок, які перекривають відразу кілька прольотів. На сьогоднішній день в мостобудуванні застосовуються вуглецева або низьколегована сталь. А також ведуться розробки по застосуванню термооброблених сталей, які міцніші. Відмінною рисою металевих мостів, по відношенню до мостів з інших матеріалів, є їх суттєва довжина, а також можливість механізованого виготовлення і збірки. Всі конструкції виготовляються на заводах, а після доставки до місця будівництва збірка моста ведеться механізованим способом, що істотно спрощує процес будівництва, і зменшує строки.

Перший міст(з відомих) зведений у Китаї з чавуну .Чавунні мости можуть бути балочної та арочної системи. У Росії міст через р. Яву. Висячий міст через р. Дніпро зведений в 1850р. Мости з металевими канатами в Брест-Литовську через Західний Буг побудовані в 1830 році. З початку 19 століття застосовуються мости з зварного заліза.

Залізобетонні мости

Практично всі сучасні мости робляться із залізобетону а також з бетону. Це найбільш міцні конструкції, які витримують великі навантаження, а також

перепади температур. До основних переваг мостів із залізобетону відносять надійність (мости із залізобетону мають великий термін служби), довговічність, економічність, різноманітність форм

Залізобетон дозволяє втілювати різні конструктивні схеми мостів. Найпростішим видом залізобетонних мостів є балочні мости з плитними пролітними будовами. Використовуються для прольотів до 18м

У малих і середніх залізобетонних мостах (найбільш поширених штучних спорудах) широко застосовуються балкові розрізні системи зі збірними залізобетонними опорами, що дозволяють організувати виготовлення конструкцій на заводах і полігонах і добре механізувати монтажні роботи.

Для перекриття прольотів понад 18 м використовують ребристі балочні пролітні будови . Головні балки проектують з кроком 2-3м, поперечні (діафрагми) з кроком 4-6м. Інколи між головними балками ставлять другорядні балки, що дозволяє зменшити проліт плити та збільшити відстань між головними до 4-6м

У прольотах понад 30м виконують пролітні будови нерозрізної чи консольної системи .Нерозрізні балочні будови завдяки розвантажувальному впливу від'ємних моментів над проміжними опорами мають меншу висоту у порівнянні з розрізними.

За прольотів 60-150 використовують нерозрізні пролітні будови криволінійного обрису і коробчастого поперечного перерізу.

Рамну конструкцію використовують для прольотів 30-150м. Характерною особливістю рамних мостів є жорстке кріплення пролітних будов з опорами. Широкого поширення набули рамні мости з похилими стійками .

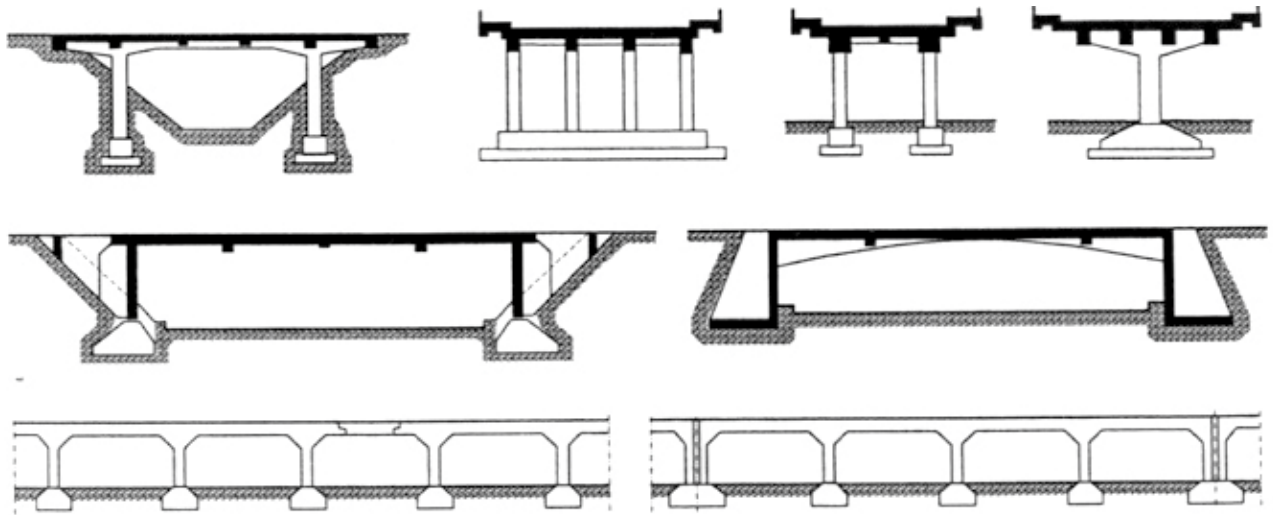
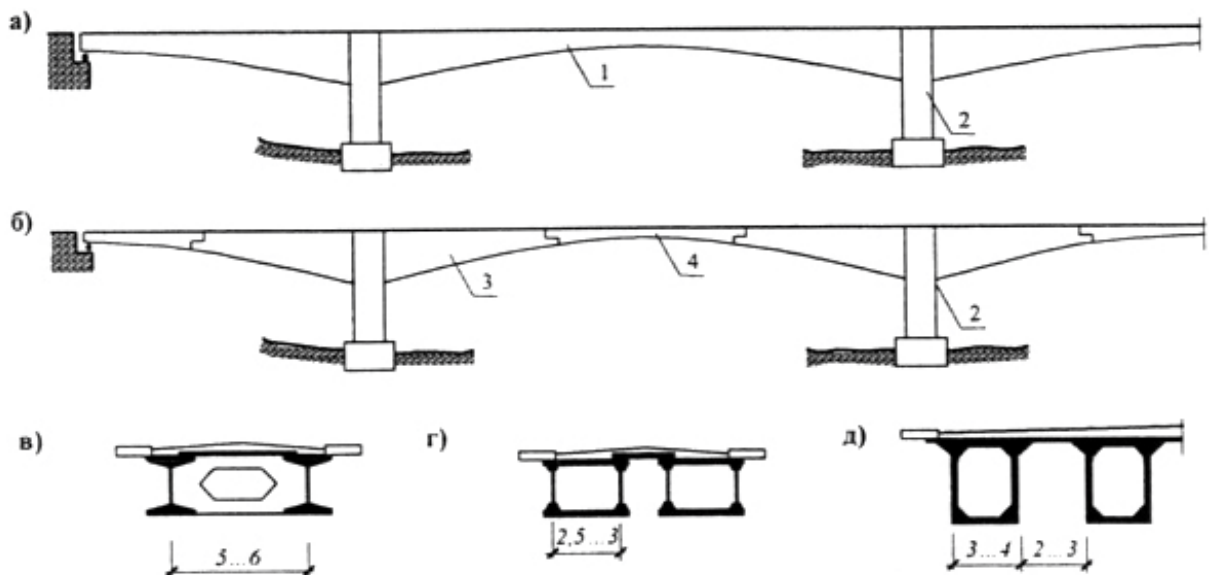


Рис 2.15 Схема монолітних рамних мостів



а-рамно-консольна система; б – рамно-балочна система; в,г,д – перерізи пролітної будови Нерозрізна балка утворена з'єднанням двох консолей; 2- опора, 3- консоль; 4 – підвісна пролітна будова

Рис. 2.16 Схема монолітних рамних мостів з Т-подібною рамою

Рамні мости великих прольотів (60 до 150 м) найчастіше виконують збірними. Рами виконують Т-подібними, рамно-балковими і рамно-консольними.

Останні десятиліття в залізобетонних мостах знаходять застосування вантові системи. Вантові системи використовують для перекриття прольотів 300-400 м у місцях де важко споруджувати опори. Вони мають нерозрізні

залізобетонні балки жорсткості, підтримувані похилими вантами (із канатів чи пучків дротин), закріплені на вершинах вертикальних пілонів (опори) рис.2.17. Ванти працюють тільки на розтяг. Пілони працюють в основному на стиск. Висота пілонів приймається $1/5 \dots 1/3$ центрального прольоту моста. Балку жорсткості роблять коробчастого перерізу, щоб покращити її роботу на кручення від тимчасового навантаження та дії вітру.

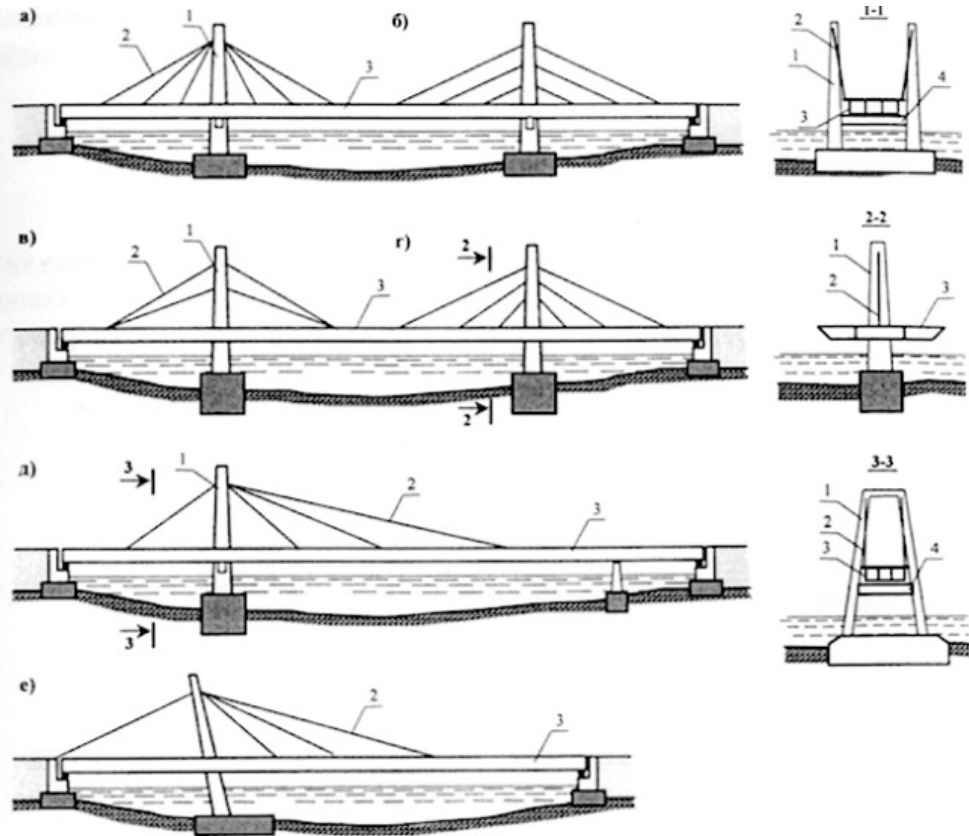
При міцних ґрунтах можливе застосування мостів арочних систем (рис. 2.15 (а-г)). Арочні залізобетонні мости споруджують для прольотів від 50 до 350 м.

У мостах арочної системи основним несучим елементом є звід або арка. Звід звичайно являє собою криволінійну плиту, ширина якої багато більше її товщини.

Арка - це криволінійний брус, ширина якого зазвичай менше його висоти. Опори цих мостів сприймають значні горизонтальні навантаження, що вимагає посилення фундаментів. Самі арки працюють переважно на стиск, міцність залізобетону в них використовується досить ефективно

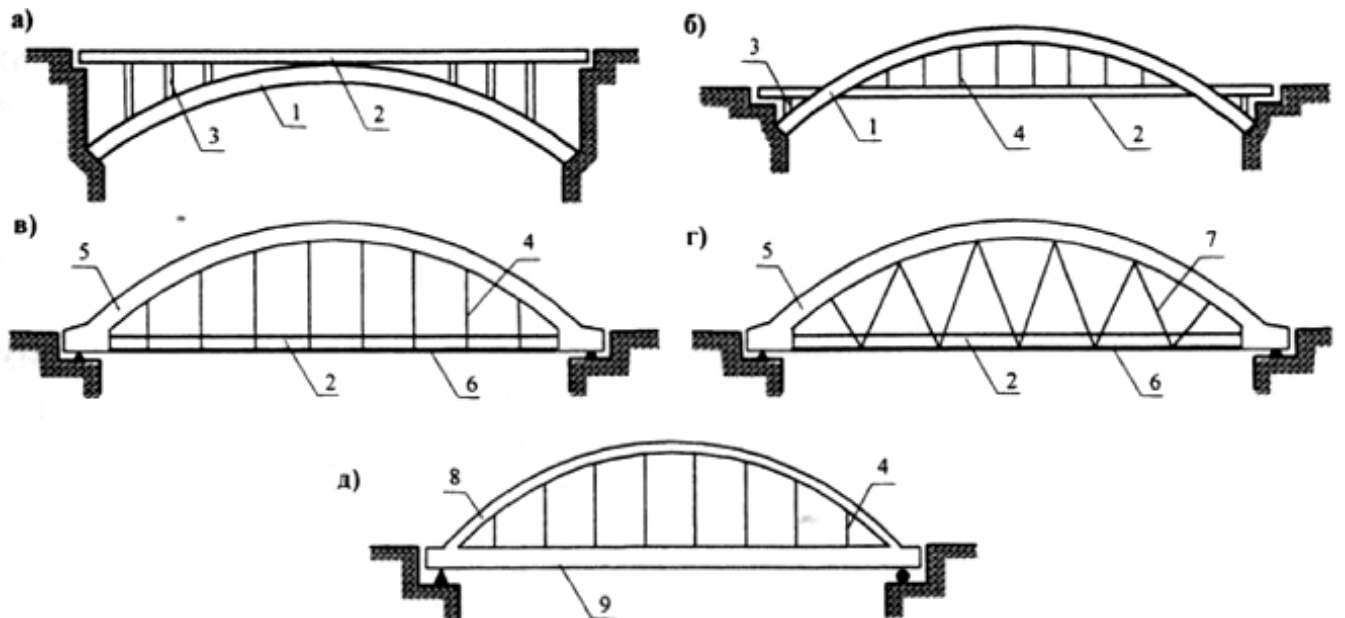
За статичною схемою арочні мости можна розділити на дві групи: розпірні і безрозпірні. У розпірних арочних системах звід з кам'яної кладки, або залізобетонні склепіння і арки спираються своїми п'ятами на опори і передають їм окрім вертикального опорного тиску ще і горизонтальний розпір. У безрозпірних системах арки мають затяжки, які сприймають розпірний тиск.

Арочна система найбільш доцільна для мостів на міцних ґрунтах.



1-пілон 2- ванти 3- балка жорсткості 4- поперечна опорна балка

Рис 2.17 Схема вантових мостів



1-арка, 2- проїжджа частина 3- над арочні стійки 4 –підвіски 5- жорстка арка, 6- гнучка затяжка 7- нахилені підвіски 8-гнучка арка 9- жорстка затяжка

Рис.2.18 Схема залізобетонних арочних мостів

2. 5 Тунельні споруди

Одним із перспективних напрямів розвитку сучасних та майбутніх міст є широке використання їхнього підземного простору. Станції метрополітену, транспортні, пішохідні та колекторні тунелі – це споруди, без яких неможливо уявити сучасне велике місто.

Особливо гостро питання освоєння підземного простору стоїть в містах, які мають дефіцит у вільних територіях та максимальне завантаження транспортом.

Тунелями називають інженерні споруди, що розташовані на деякій глибині під поверхнею землі і які використовуються для пропуску чи зберігання транспортних засобів, розміщення промислових, комунально-побутових, торговельних та видовищних підприємств, а також мають багатоцільове призначення – об'єднувати транспортні, інженерні об'єкти, підприємства торгівлі, споруди цивільної оборони.

Тунелі почали будувати, ще в стародавні часи. Задовго до нашої ери у Вавилоні, Єгипті, Греції і Римі підземні роботи виконували для видобутку корисних копалин, споруди гробниць, храмів. Пізніше тунелі споруджували також для цілей водопостачання і транспорту. Значні тунельні роботи вели римляни, що створили ряд дорожніх, водопровідних та дренажних тунелів, частина яких збереглася до нашого часу.

Розвиток тунелебудування тісно пов'язаний з розвитком знарядь і засобів виробництва. Всі стародавні тунелі споруджували, як правило, в міцних скельних породах, що не вимагає влаштування оздоблення, причому виробці надавали склепінчастий переріз, який відповідав формі природних печер. Роботи виконувалися рабською працею за допомогою кирок, ломів, клинів, а також вогневим способом, що полягає в сильному нагріванні забою виробки з подальшим охолодженням холодною водою і розбиранням уламків скелі, що розтріскалася. Після падіння Римської імперії в тунелебудуванні, як і в інших

галузях людської діяльності, настав період тривалого застою, протягом якого підземні роботи проводилися переважно для військових цілей.

Наприкінці середніх віків, в зв'язку з розширенням міжнародних зв'язків і прагненням до вкорочення торгових шляхів починається будівництво судноплавних тунелів, що з'єднували між собою водні шляхи сполучення, розділені вододілами. Передумовою до будівництва тунелів в цей період з'явилося застосування чорного пороху для підривання скельних порід.

Перший судноплавний тунель завдовжки близько 160 м був побудований у Франції на Лангедокському каналі в 1679-1681 рр.

Поштовхом для подальшого розвитку тунелебудування послужила поява залізниць, що вимагають малих ухилів і споруди тунелів для подолання висотних перешкод. Перший залізничний тунель довжиною 1190 м був побудований в 1826-1830 рр. в Англії на лінії Ліверпуль - Манчестер. Майже одночасно розгорнулося будівництво залізничних тунелів у Франції та інших європейських країнах.

Активне використання підземного простору міста дозволяє:

- а) ефективно формувати архітектурно-планувальну структуру міст; покращити транспортне та пішохідне обслуговування населення;
- б) збільшити пропускну здатність міських вулиць і доріг;
- в) вирішити проблему автомобільних стоянок;
- г) раціонально розмістити об'єкти інженерного устаткування;
- д) покращити санітарно-гігієнічний, та екологічний стан міст;
- е) використовувати в разі необхідності підземні споруди для потреб цивільної оборони.

Тунелі класифікують:

- 1) За характером місцевості тунелі бувають: гірські, підводні, міські (рівнинні).

2) За призначенням тунелі бувають: пішохідні (для переходу людей); конвеєрні (для транспортування матеріалів транспортерами та конвеєрами); підштабельні (розташовані під складами матеріалів і призначені для транспортування цих матеріалів); комунікаційні (для прокладання трубопроводів різного призначення); кабельні (для прокладання електрокабелів та електрошин); комбіновані (поєднуючи прокладку трубопроводів та електрокабелів або транспортування з переміщенням людей).

3) За глибиною розміщення: тунелі мілкового та тунелі глибокого закладання (при $H \geq (2-3)V$; $H \geq (2-3)V$ відповідно; V - найбільший розмір поперечного перерізу).

4) За способом будівництва: відкриті, закриті, опускні.

Будівництво підземних споруд пов'язане із значними капіталовкладеннями. Залежно від типу підземної споруди, а також від містобудівних та інженерно-геологічних умов вартість будівництва підземних споруд може в 1,5 – 2,0 рази перевищувати вартість будівництва аналогічних надземних споруд

Проектування та будівництво тунелів

Глибина закладення тунелю, його довжина, розташування в плані і профілі, форма поперечного перерізу залежать від призначення тунелю, топографічних, геологічних і кліматичних умов.

При проектуванні та спорудженні тунелів виконують комплекс геодезичних робіт з вибору і закріплення осі тунелю в плані і профілі, по обчисленню її геометричних елементів, перенесенню цієї осі на місцевість.

По трасі тунелю проводять **інженерно-геологічні вишукування для встановлення вихідних даних:**

- геологічної будови гірського масиву,
- характеру нашарувань, ступеня стійкості та фізико-механічних властивостей гірських порід,
- гідрогеологічного режиму і хімічного складу підземних вод,
- наявності газів,
- температури у виробці, та очікуваного гірського тиску.

Ці дані отримують на основі проведення геологорозвідувальних робіт і гідрогеологічних досліджень за допомогою свердловин, геофізичними методами і, в окремих випадках, за результатами розвідувальних виробок.

Поздовжній профіль тунелю може бути одно-і двосхилим (з ухилом в обидві сторони від середини тунелю). За умовами водовідведення розташування тунелю на горизонтальних ділянках не допускається.

Конструкції тунелів розраховують на сполучення таких навантажень і впливів:

- основних (діючих постійно або регулярно, наприклад гірського тиску),
- додаткових (діючих короткочасно або періодично)
- особливих (головним чином сейсмічних).

Навантаження, які діють на тунелі, ділять на постійні та тимчасові.

До постійних навантажень належать гірський та гідростатичний тиск, вага будівель та інших наземних споруд, власна вага конструкцій.

До тимчасових - навантаження від рухомих потягів в тунелях, від наземного транспорту (при мілкому закладанні тунелів), а також навантаження, що виникають у процесі ведення прохідницьких робіт (тиск від нагнітання розчину за обробку, при щитовій проходці - тиск від гідроциліндрів та ін.) Розрахунок проводиться методом граничних станів.

Процес прокладання тунелю полягає в розробці ґрунту по обрису і розмірам, видаленні (видачі) його на поверхню і закріпленні виробленого простору тимчасовим або постійним кріпленням.

Тунелі мілкового закладання будують, як правило, з використанням збірних конструкцій (лотки і плити, стінові панелі, труби). Недолік - обмежений розмір поперечного перерізу зумовлений умовами транспортування; наявність стиків

Тунелі глибокого закладання споруджують або через портали, що формують вхід у тунель, або через вертикальні стовбури шахт і спеціальні камери.

Залежно від глибини закладання тунелі будують відкритим або закритим способом без порушення споруд на земній поверхні.

Відкритим способом споруджують звичайно тунелі мілкового закладання. У незабудованій місцевості їх будують у котлованах з укосами, а на забудованій - у котлованах з пальовим або шпунтовим огороженням.

Гірські та підводні тунелі найчастіше будують гірським та щитовим способом, а міські - котловинним або траншейним.

При котловинному - конструкцію тунелю зводять у попередньо-влаштованому котловані. При траншейному - спочатку в траншеях споруджують стіни, на які спирають перекриття, а потім розробляють ґрунт між стінами і бетонують лоток тунелю. Гірський спосіб передбачає поступову розробку породи і, при необхідності, закріплення стінок. Спорудження тунелю гірськими методами включає два основних етапи: розробку та видалення породи, і зведення в отриманій виробці постійної конструкції.

Розробка породи проводиться, як правило, буропідричним способом за допомогою бурильних машин великої потужності і механізацією навантаження і видачі породи.

Щитовий спосіб ефективний при прокладанні тунелів на забудованих територіях, оскільки є можливість вести роботи без перерізу поверхні. Прохідницький щит являє собою тверду пересувну сталеву конструкцію циліндричної форми й складається із трьох основних частин: ножа, що служить несучою конструкцією, опорного кільця, оболонки. За допомогою щита проводиться розробка ґрунту на повний переріз, а потім укріплюють та оздоблюють стіни тунелю. Щитовий спосіб отримав переважне поширення при спорудженні тунелів у слабких і нестійких породах.

Переваги: висока якість виконання та великі швидкості проходки. Щитова проходка отримала найбільший розвиток при спорудженні тунелів метрополітену.

Безтраншейна прокладка комунікацій, мікротунелювання

Тенденції останніх років вказують на те, що все більша увага приділяється питанням використання перспективних безтраншейних технологій відновлення (санації) і прокладки водопровідних, водовідвідних та інших інженерних мереж,

що є альтернативою традиційному відкритому способу реконструкції та будівництва трубопроводів котлованів і траншейним способами. Найперспективнішим обладнанням для цього виду робіт в даний час є мікрощити, установки спрямованого горизонтального буріння і пневмопробійники.

Починаючи з 1985 року на об'єктах підземного будівництва інженерних комунікацій широко застосовуються мікротонелювання прохідницькими комплексами, як один з перспективних методів прокладки підземних комунікацій в будь-яких умовах, у тому числі в районах історичної забудови міста. Сутність технології мікротунелювання полягає в тому, що проходка в ґрунті здійснюється прохідницької машиною (щитом), поступальний рух якої забезпечує потужна домкратна станція встановлена в шахті на глибині, відповідній глибині прокладки трубопроводу.

Висока (в середньому швидкість проходки 10-15 м / добу.), Практично без осадочна (осідання поверхні не перевищують 10 мм) і точна (відхилення в межах 10-20 мм) за напрямом прокладка трубопроводів в поєднанні з можливістю ведення будівництва у всьому діапазоні інженерно-технологічних та гідрогеологічних умов (від слабких водонасичених ґрунтів до міцних скельних порід) без застосування будь-яких спеціальних способів робіт (заморожування, водозниження, хімічне закріплення ґрунтів і т. д.) - ось основні переваги мікротунелювання.

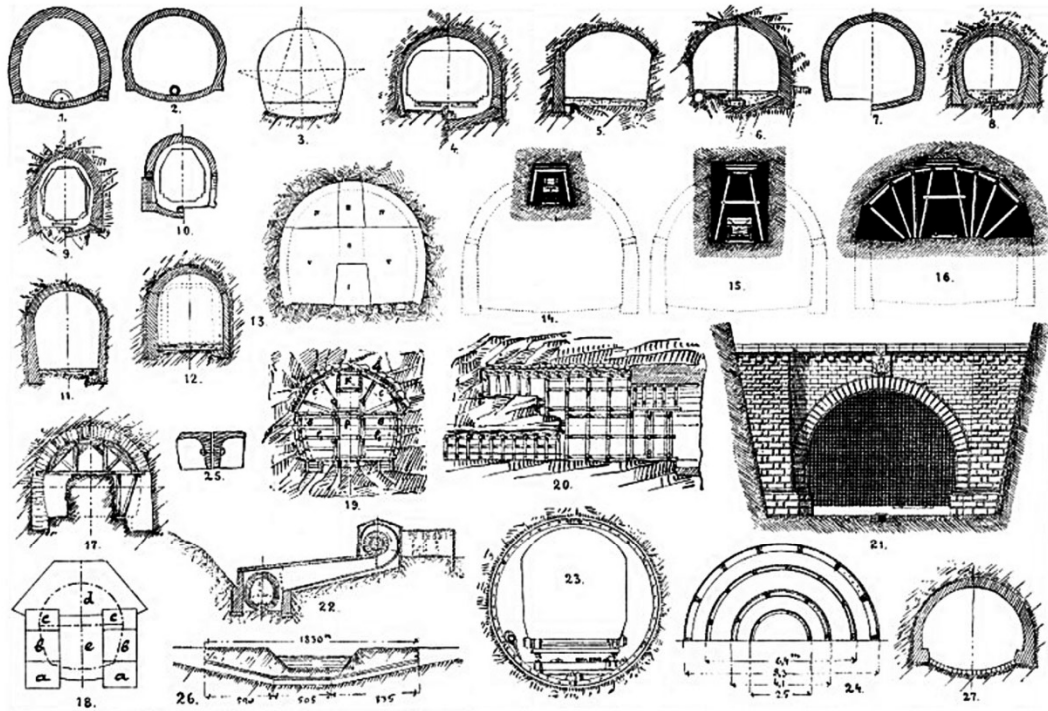
За допомогою домкратів здійснюється проходка щита в ґрунтах на довжину, відповідну довжині застосовуваних труб продавлювання, після чого на домкратній станції поміщається наступна труба і процес повторюється. Розробка ґрунту при проходці ведеться робочим органом прохідницької машини.

Весь процес проходки тунелю здійснюється з контейнера управління, який встановлений на поверхні і оснащений електронною технікою.

За допомогою технології мікротоннелювання можуть бути вирішені наступні завдання:

- Будівництво підземних комунікацій міського призначення: мереж водо-, тепло-, газопостачання, каналізації;
- Прокладка футлярів для електричних кабелів;
- Будівництво перетинань злітно-посадкових смуг, залізних доріг та автомагістралей;
- Прокладка підвідних конструкцій до об'єктів, розташованих в центрі водойми.
- Забезпечення первинної підтримки для великих тунелів.

Безтраншейні технології є більш економічно вигідними (у 2,5-3 рази) у порівнянні з традиційним (траншейним) методом, крім того, безтраншейні методи прокладки комунікацій не завдають шкоди навколишньому середовищу. Точність проходки здійснюється комп'ютерним комплексом управління із застосуванням системи лазерного ведення щита.



28 29

Рис. 2.19 Тунелі: 1. Блечінглейський тунель. 2. Севернський тунель. 3. Профіль тунелю залізниці Земмерінг. 4. Нормальний профіль, прийнятий в Німеччині для тунелів в два шляхи. 5. Профіль С.-Готардського тунелю. 6. Профіль С.-Готардського тунелю. 7. Профіль пруського тунелю. 8. Тунель залізниці Озаріца - Штейердорф. 9. Німецький профіль для тунелю в один шлях. 10. одноколіїний тунель Леворейнської залізниці. в Пруссії. 11. Профіль тунелю вузькоколіїної залізниці Скіллатта в морені і уламковий породі. 12. Профіль Т. зубчастої залізниці на гору Горнерграт. Права половина - виконана в скелястій породі, ліва в морені і уламковий породі. 13. Поділ профілі тунелю. 14. Ключова штольня. 15. Розробка ключовою штольні. 16. Подальша розробка бельгійським способом. 17. Оздоблення бельгійським способом. 18. Схема послідовного ходу робіт німецьким способом. 19. Австрійський спосіб. 20. Австрійський спосіб. 21. Портал одного з тунелів Владикавказької залізниці 22. Вентиляція по системі

Саккардо. 23. Поперечний профіль тунелю з чавунним оздобленням на залізниці. Сіті-південній в Лондоні. Усередині показаний обвід вагона. 24. Поперечний перетин чавунних кілець оздоблення деяких тунелів - I. Блекуельський тунель (14 сегментів). II. Сен-Клерський Т. (13 сегментів). III. Тунель залізниці Ватерло - Сіті (7 сегментів). IV. Тунель колектора в Кліші (15 сегментів). 25. Спосіб скріплення сегментів. 26. Поздовжній профіль Т. під р. Сен-Клер, форт Гурон в з'єднає. Штатах Півн. Америки. 27. Тунель під залізничним насипом (для пропуску води). Ілюстрації з енциклопедичного словника Брокгауза і Ефрона (1890-1907) 28. - Мікротунелювання. 29 – прохідницький щит

ТЕМА 3 СПОРУДИ СИСТЕМ ВОДОПОСТАЧАННЯ

3.1 Водонапірні вежі

Для водопостачання міст та населених пунктів дуже часто використовують водонапірні башти. Їх призначення – регулювати напір води в водопровідній мережі та забезпечувати безперебійне постачання води.

Режим водопостачання об'єктів водопостачання надзвичайно різноманітний, як і умови рельєфу місцевості, що впливають на оптимальне розташування водонапірної вежі та її висоту. Водонапірні башти дуже різноманітні за місткістю резервуарів (від 15 до 3000 м³) і за висотою опорної частини (від 6 до 50 м).

Розрізняють водонапірні башти шатрові (рис. 3.1, а), в яких резервуар знаходиться в середині особливої будови (шатра) для підтримки теплостійкості роботи резервуара в умовах мінусових температур і повільного водообміну, а в жаркому кліматі – для запобігання нагрівання питної води; напівшатрові і безшатрові (рис.3.1, б), в яких при необхідності теплостійка робота резервуара забезпечується теплоізоляцією, що наноситься безпосередньо на його стінки.

Водонапірні башти споруджують з одним резервуаром , або з декількома (рис. 1, в), якщо на об'єкті водопостачання треба мати воду різної якості за чистотою або

за температурою. Перевага віддається баштам безшатрового, в крайньому випадку – напівшатрового типу. Це спрощує будівництво, полегшує опорні конструкції, здешевлює вартість споруди. Техніко-економічні дослідження показують, що при однаковій висоті і конструктивному рішенні вартість башт змінюється не значно у залежності від місткості резервуара. Так, при збільшенні корисного об'єму резервуара на 30...40% вартість башти зростає лише на 3...6%. Подібного до цього при однаковій місткості і конструкції резервуара вартість башт змінюється доволі плавно залежно від зміни висоти башти. Це полегшує типізацію водонапірних башт, дозволяє обмежитися невеликим набором типорозмірів резервуарів і висот опорних конструкцій.

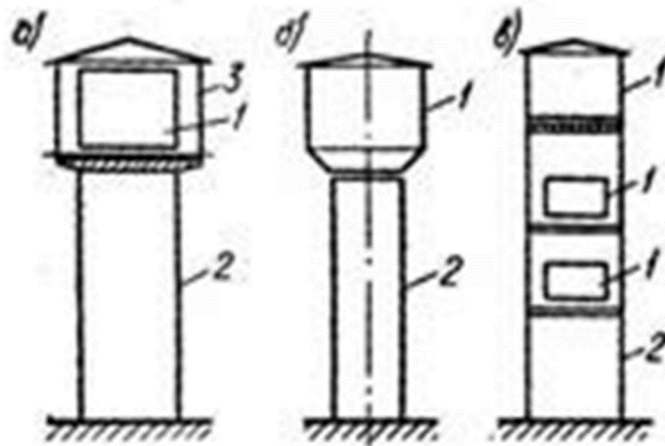


Рис. 3.1. Типи водонапірних башт: а – шатрові; б – безшатрові; в – з декількома резервуарами; 1 – резервуар; 2 – опорні конструкції; 3 – шатер

Головна складована частина кожної башти – резервуар. Його місткість встановлюють відповідно до режиму водопостачання в мережі і режиму експлуатації насосної станції. Висота підйому резервуара над поверхнею землі залежить від розрахункового значення напору.

Резервуари водонапірних башт роблять залізобетонними або сталевими. Із залізобетонних резервуарів найбільшою простотою відрізняються конструкції з циліндричною стінкою та плоским несучим днищем, яке лежить на суцільному залізобетонному перекритті опорної конструкції (рис. 3.2, а). Більш економічними

за вартістю (на 30...40%) і за витратою матеріалів є резервуари з циліндричною стінкою, яка внизу переходить в конічну з несучим днищем (рис. 3.2, б).

Стінки залізобетонних резервуарів значних розмірів роблять попередньо напруженими, це потрібно для забезпечення необхідної тріщиностійкості. Організація робіт з натягання попередньо напруженої арматури на значній висоті не завжди виправдовує себе. Тому найчастіше резервуари роблять не залізобетонними, а металевими.

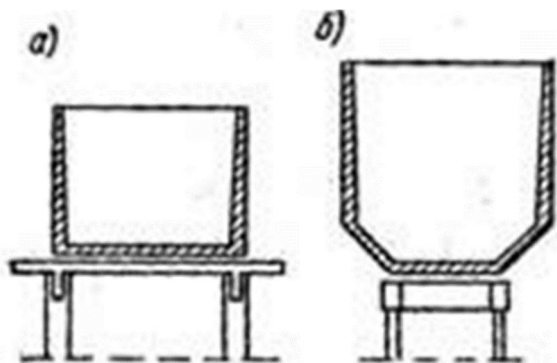


Рис.3.2. Типи резервуарів водонапірних башт: а – з циліндричною стінкою і ненесучим днищем; б – зі стінкою циліндричною вгорі, конічною внизу і з несучим днищем

При змішаному конструктивному рішенні водонапірних башт металевий резервуар виготовляють у вигляді бака з циліндричною вертикальною стінкою і днищем різноманітної форми: конічним, сферичним, плоским або складнішої конфігурації. Металеві резервуари з плоским днищем вільно встановлюються на верхню достатньо жорстку площадку залізобетонної башти – опору у вигляді плити великої товщини або плити, підсиленої ребрами. Поряд з циліндричними використовують металеві резервуари і інших типів: конічні, сферичні тощо.

Серед різних типів залізобетонних резервуарів найбільше використовуються круглі в плані вертикальні циліндричні резервуари – найчастіше з плоским днищем. Товщина стінок таких резервуарів становить 120...150 мм, товщина плоского днища 100 мм, якщо резервуар встановлено на жорсткій площадці опорної башти.

В закордонній практиці будівництва водонапірних башт використовують круглі у плані залізобетонні резервуари з конічними стінками товщиною 150...200 мм і більше. Днища таких резервуарів роблять сферичними, конічними або плоскими. Просторові покриття круглих у плані циліндричних резервуарів виконують найчастіше у вигляді купола – конічного (рис.3.3, б) і сферичного (рис. 3.3, в,г), або у вигляді висячих конструкцій (див. рис. 3.3, д,е).

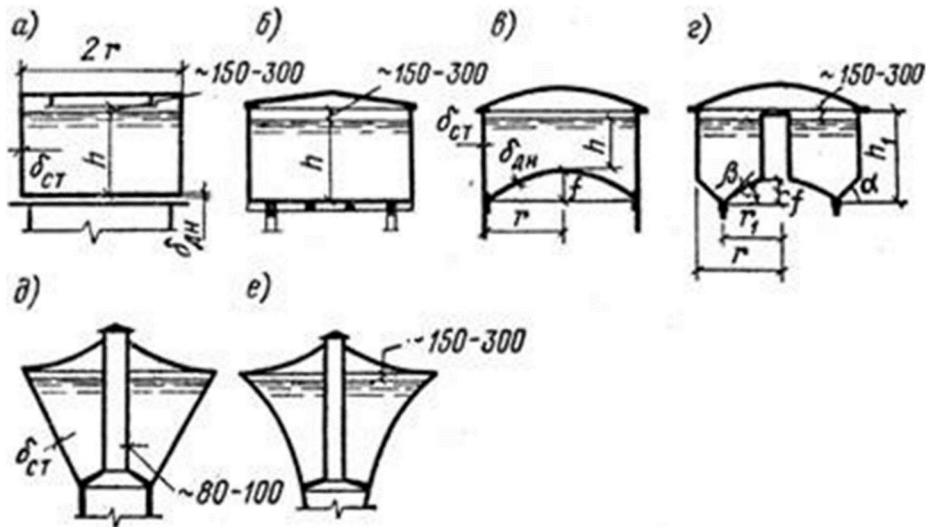


Рис.3.3. Різновидності резервуарів водонапірних башт

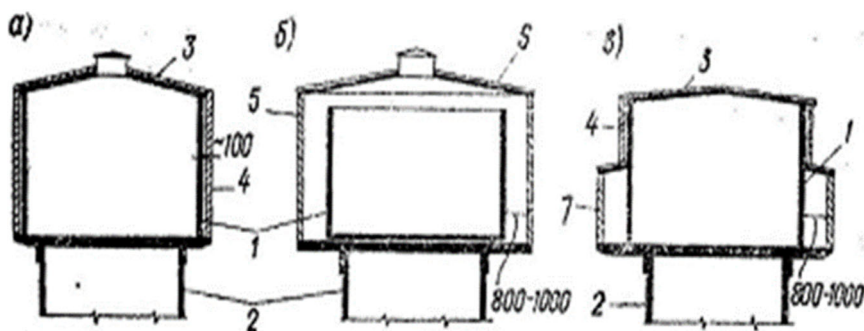


Рис. 3.4. Огородження резервуарів водонапірних веж: а – з утеплювачем; б – у вигляді шатра; г – з галереєю; 1 – резервуар; 2 – опора; 3 – покриття резервуара; 4 – утеплювач; 5 – стінка шатра; б – покриття шатра; 7 – стінка галереї

Днища та стінки залізобетонних резервуарів роблять з монолітного залізобетону. Проте не виключається принципова можливість конструювання резервуара із збірно-монолітного або збірного залізобетону. Наприклад, плоске днище циліндричного резервуара може бути монолітним, а стінки можуть бути із збірних залізобетонних елементів з подальшим напружуванням кільцевої арматури.

Цікавим є спосіб зведення збірних залізобетонних резервуарів , їх збирають внизу, а потім піднімають на проектну відмітку за допомогою лебідок (рис. 3.5).

Для підвищення тріщиностійкості залізобетонних резервуарів водонапірних башт може бути використано попереднє напруження з натягом арматури на бетон.

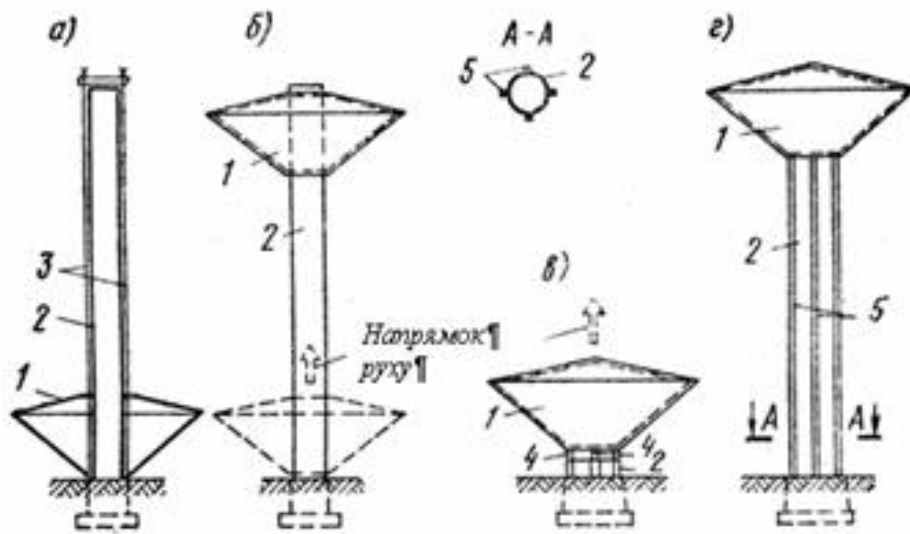


Рис. 3.5. Схема зведення резервуара водонапірної башти методом підйому: а, в – резервуар перед підйомом; б, г – резервуар на проектній відмітці; 1 – резервуар; 2 – опора; 3 – тяжі; 4 – домкрати; 5 – пілястри

Опорні конструкції водонапірних башт виконують найчастіше у збірному залізобетоні, проте при резервуарах малого об'єму (25...50 м³) залежно від місцевих умов – також металевими або цегляними. Цегляні опори використовують при будівництві башт малої висоти (9...12 м) з резервуарами невеликої місткості (25...50 м³) в умовах, коли місцевий матеріал – цегла – використовувати вигідніше, ніж виготовляти залізобетонні конструкції.

Залізобетонні опори башт залежно від умов виконують у вигляді суцільної монолітної циліндричної оболонки або ж у вигляді стержньових збірних залізобетонних просторових конструкцій рамної або просторової сітчастої системи (рис. 6). При однакових середніх параметрах башт найменшу вартість мають збірні залізобетонні опори просторового сітчастого типу. Вони дешевші за монолітні залізобетонні опори в 1,5...2 рази і значно дешевші за цегляні опори; вартість металевих опор приблизно така сама, як залізобетонних.

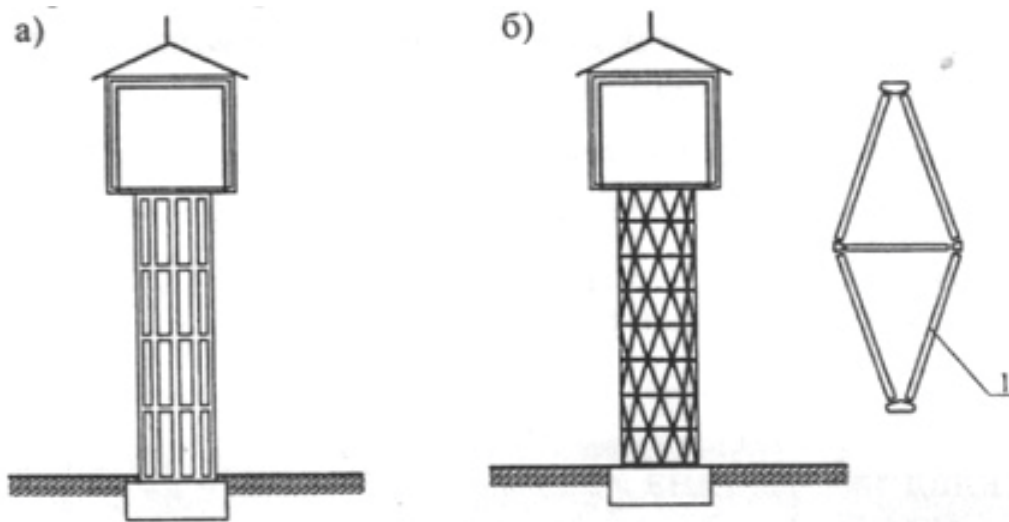


Рис. 3.6 Водонапірні вежі з наскрізними стволами: а- з рамною опорою, б- з сітчастою опорою, 1- ромбічний елемент сітчастої опори

Опори рамного типу роблять збірними залізобетонними. Проте вузлові з'єднання збірних елементів, які у даному випадку відрізняються особливою відповідальністю, утруднюють монтаж, вимагають підвищеної якості робіт та спеціального контролю, що призводить до подорожчання будівництва. Стояки опор резервуарів місткістю не більше 200 м³, як правило, розміщують тільки по периметру резервуара, а при більшій місткості, коли днище резервуара роблять ненесучим, – і під днищем. При такому вирішенні конструкції резервуара не залежать від конструкції опори.

В усіх збірних елементах передбачаються випуски арматури для спряження елементів в вузлах за допомогою зварювання зі сталевими фасонками. Ромбовидні елементи встановлюють вертикально вершинами один до одного і з'єднують між собою, а також з поясними елементами за допомогою монтажних кутиків і накладок, потім місця з'єднань замонолічують бетоном

Як приклад опори комбінованої системи, до складу якої входить просторова сітчаста конструкція з вузлами і лінійними елементами, вписаними в поверхню гіперболоїда обертання, є водонапірна башта з резервуаром 1135м³ (рис. 3.7).

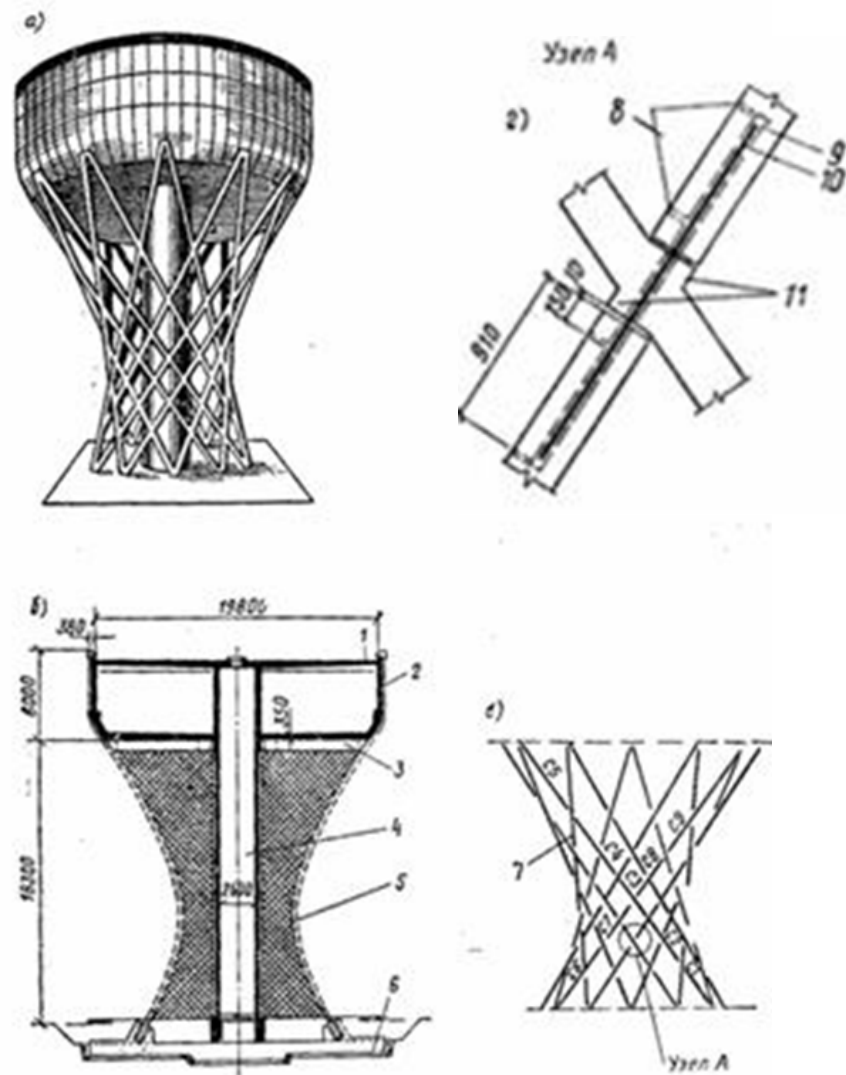


Рис. 3.7. Водонапірна башта з опорою комбінованої конструкції: а – загальний вигляд; б – вертикальний розріз; в – монтажна схема решітчастої частини опори; г – стик збірних елементів нахилених ніг; 1 – покриття резервуара; 2 – стінка резервуара; 3 – днище резервуара; 4 – центральна циліндрична частина опори; 5 – решітчаста частина опори; 6 – фундамент; 7 – ноги; 8 – отвори для нагнітання розчину; 9 – гніздо; 10 – сталевий штир; 11 – двохсторонні виступи ніг

Резервуар діаметром 19,8 м і висотою 6 м виконаний із монолітного залізобетону і встановлений на башті комбінованої системи висотою 18,3 м. До складу башти входить монолітна залізобетонна циліндрична оболонка діаметром 2,6 м, яка служить центральною опорою резервуара, і просторова сітчаста конструкція, на яку опирається резервуар по периметру. Решітчаста частина опори зроблена із збірного залізобетону, складається з 24 прямолінійних ніг

30,5×30,5 см, що перетинаються. Напрямок ніг співпадає з напрямком лінійних твірних гіперboloїда обертання. Опору збирають з дев'яти монтажних елементів різної довжини. Кожний наступний монтажний елемент ноги повернутий навколо своєї осі по відношенню до попереднього на 150. Монтажні елементи з'єднуються за допомогою металевих штирів діаметром 30 мм, довжиною біля 2,8 м, які закладають у спеціальні гнізда діаметром 50 мм. Гнізда після спряження залізобетонних елементів заповнюють розчином.

Фундаменти водонапірних башт виконують залізобетонними, монолітними, стрічково-кільцевими; разом з фундаментом виконують стіни заглибленої частини башти, яка використовується як камера для переключення водопровідного обладнання.

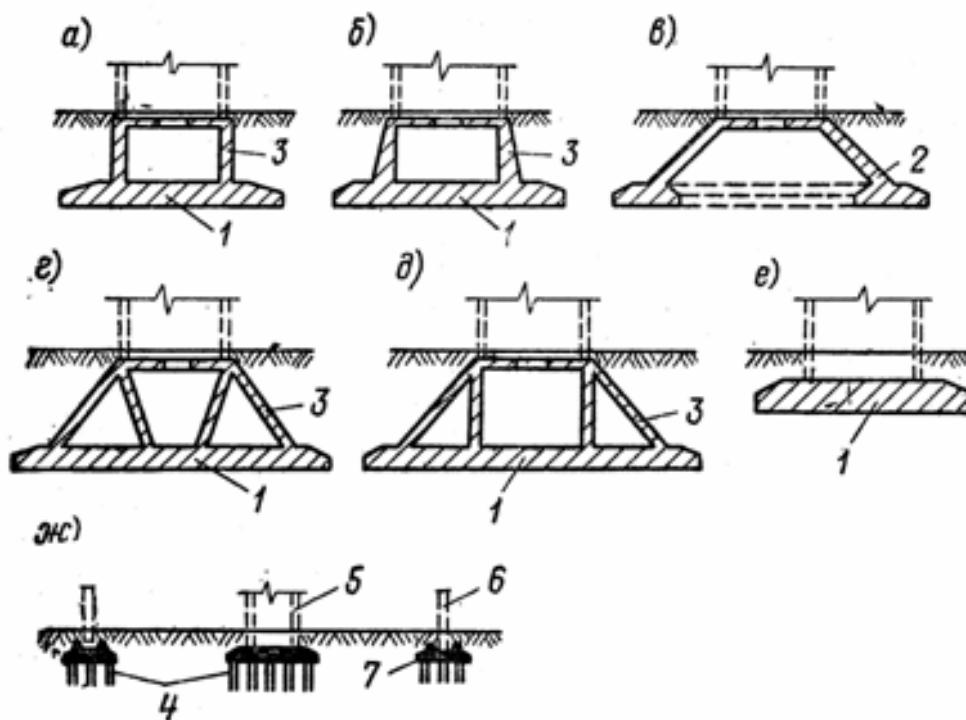


Рис. 3.8. Типи фундаментів водонапірних башт: 1 – суцільна фундамента плита; 2 – кільцева фундамента плита; 3 – підвищена частина фундамента; 4 – палі; 5 – центральна опора; 6 – стояки по периметру башти; 7 – окремі фундаменти

Конструктивні рішення фундаментів водонапірних башт залежать від об'єму резервуара, висоти опорної частини башти, властивостей основи.

Найбільш поширені типи фундаментів водонапірних башт у вигляді круглих і кільцевих плит з підвищеною частиною або без неї (рис. 3.8).

Підвищена частина фундаменту жорстко з'єднується безпосередньо з опорою башти і проектується найчастіше у вигляді циліндричної стінки постійної або змінної товщини. При більшій висоті споруди та слабких ґрунтах зовнішній діаметр фундаментної плити може значно перевищувати діаметр нижнього перерізу опори башти. В такому випадку підвищена частина може бути запроектована у вигляді однієї або двох конічних оболонок.

В опорах змішаної конструкції, що мають значні розміри у плані, влаштовують окремі фундаменти під різні частини опори. При слабких ґрунтах можна використовувати палеві фундаменти.

Вище розглянуті конструкції водонапірних башт, що найчастіше використовуються у вітчизняній практиці будівництва промислових об'єктів, селищ і невеликих міст.

У великих містах враховують специфічні умови: підвищені архітектурні вимоги, значні розміри резервуарів, технічні можливості при зведенні споруди тощо. У цих умовах водонапірні башти стають об'єктами індивідуального будівництва.

3.2 Прямокутні та циліндричні резервуари

Резервуари - це ємкості, призначені для зберігання різного виду рідин. Їх виготовляють зі сталі та залізобетону (монолітного або збірного). Виконують резервуари, переважно, із залізобетону та сталі, циліндричними або прямокутними. Резервуари складнішої форми (сферичні, лінзоподібні) трудомісткі і тому великого поширення не набули. Залізобетонні резервуари порівняно з металевими довговічніші, вогнестійкі і потребують менших експлуатаційних витрат. У міському будівництві їх використовують найчастіше. Тому далі мова піде в основному про залізобетонні резервуари.

Резервуари бувають підземні, напівзаглиблені, наземні і надземні.

Залежно від призначення резервуари можуть бути відкритими (без покриття) і закритими. Покриття бувають у вигляді оболонок або плоскі; при цьому конструкція їх певною мірою визначає і конструкцію днища. Так, при плоскому перекритті днище, як правило, теж плоске.

За способом зведення розрізняють збірні, монолітні та збірно-монолітні резервуари. В останньому випадку стіни і покриття виконують збірними, а днище – монолітним.

Армування резервуарів може виконуватися без попереднього напружування арматури або з натягуванням її переважно на затверділий бетон (навивання арматури на стінки, натягування арматури, розташованої в каналах, тощо). Попередньо напружені елементи покриття виготовляють у заводських умовах.

Форма, розміри, відмітки днища, наявність чи відсутність покриття резервуара звичайно обумовлені технологічними вимогами. Якщо за умовами технології задано тільки місткість споруди, форму і розміри підбирають за техніко-економічними показниками.

При застосуванні попереднього напруження доцільно проектувати циліндричні резервуари з натягуванням зовнішньої кільцевої арматури. Це значно підвищує тріщиностійкість стінок і зменшує витрату бетону та сталі за рахунок використання високоміцних матеріалів.

У прямокутному резервуарі, розміри якого в плані значно перевищують висоту стінок, згинальні моменти в стінках залежать тільки від висоти. Це дає можливість застосовувати для резервуарів різної місткості уніфіковані елементи стін однакової товщини і армування.

Результати техніко-економічних порівняльних розрахунків показують, що при місткості до 3000 м³ кращі показники щодо витрати матеріалів (бетону та сталі) і трудомісткості зведення у циліндричних резервуарів, а при місткості понад 6000 м³ економічніші прямокутні резервуари. Тому циліндричні резервуари проектують, як правило, місткістю до 6000 м³. Прямокутні резервуари мають місткість до 20000 м³. Резервуари для води об'ємом від 50 до

20000 м³ уніфіковано. Основні параметри уніфікованих циліндричних резервуарів наведено в табл. 1.1, а прямокутних – у табл. 1.2.

При виборі висоти резервуарів враховують технологічні вимоги, а також залежність вартості резервуара від його висоти.

Розміри прямокутних резервуарів у плані призначено кратними 3 або 6м. Це дає можливість при відповідній прив'язці зовнішніх рядів колон або стін застосовувати типові ригелі та плити перекриття багатопверхових каркасних будівель.

Залізобетонні резервуари для нафти та нафтопродуктів проектують зі стінками, перекриттям та днищем, попередньо напруженими в двох напрямках.

Таблиця 3.1.

Основні параметри круглих резервуарів для води

Параметри	Номінальна місткість, м ³						
	100	250	500	1000	2000	3000	6000
Діаметр, м	6	9	12	18	24	32	42
Висота стінок, м	3,6				4,8		

Таблиця 3.2.

Основні параметри прямокутних резервуарів для води

Номінальна місткість, м ³	Параметри, м		
	Висота	Ширина	Довжина
50...300	3,6	6	3...15 (кратно 3м)
500...1400		12	12...33 (кратно 3м)
1500...2500	4,8	18	18...30 (кратно 3м)
2700...4400		24	24...30 (кратно 3м)
5000...11000		36	30...66 (кратно 3м)
12000...20000		54	48...78 (кратно 3м)

Резервуари для мазуту допускається споруджувати з необтиснутими стінами. Їх уніфіковані розміри в плані такі ж, як і у резервуарів для води, проте висота у них більша. Діаметри циліндричних резервуарів кратні 3 м, а висота –

0,6 м. Розміри прямокутних резервуарів у плані кратні 6 м. Сітка колон 6×6 або 6×3 м.

Циліндричні залізобетонні резервуари. Монолітний циліндричний резервуар (рис. 3.9) складається зі стінки постійної чи змінної товщини, яку жорстко з'єднано з днищем і покриттям. При невеликій місткості (до 500 м³) розтягувальні зусилля в стінках відносно невеликі, і резервуари можна робити без попереднього напруження. При більшому об'ємі стінки обтискають кільцевою арматурою. Покриття резервуарів зазвичай також монолітне безбалкове і опирається на стіни та проміжні колони. Сітка осей квадратна або прямокутна з розмірами 4...6 м. Днище плоске, постійної товщини із оберненими капітелями в місцях спирання колон.

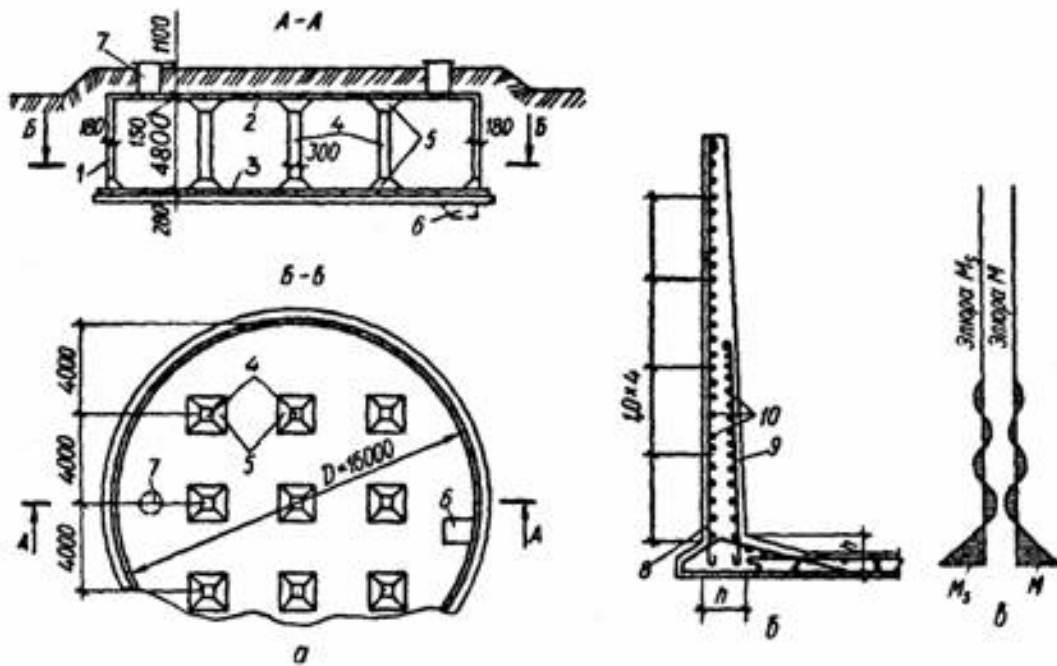


Рис. 3.9 Циліндричний залізобетонний монолітний резервуар з балковим покриттям: а – конструкція резервуара; б – армування стінки; в – еюра згинальних моменті у стінці від тиску ґрунту і рідини; 1 – стінка; 2 – безбалкова плита перекриття; 3 – плита днища; 4 – колони; 5 – капітелі; 6 – прямики; 7 – люк; 8 – вертикальна арматура за розрахунком на момент від тиску ґрунту; 9 – те саме на момент від тиску рідини; 10 – кільцева арматура за розрахунком на розтягувальні зусилля

У місцях з'єднання стінки з днищем та покриттям встановлюють вути, які додатково армують окремими стержнями.

Стінку армують горизонтальною кільцевою та вертикальною арматурою. Стінки ненапружених резервуарів армують двома симетрично розташованими сітками з кроком 100...200 мм.

У попередньо напружених резервуарах кільцеву арматуру проєктують з високоміцного дроту або стержнів і розташовують зовні. У цьому випадку горизонтальну не напружувану арматури стінки приймають конструктивно. Покриття та днище армують подібно до безбалкових перекриттів.

Стінки збірних або збірно-монолітних резервуарів роблять із залізобетонних панелей (довжина їх дорівнює висоті резервуара) і встановлюють у кільцевий паз днища. Перевіривши якість монтажу панелей, зазори заповнюють бетоном або цементним каменем, після чого стінку обтискують кільцевою арматурою, яку захищають від корозії торкрет-штукатуркою.

Днище резервуарів – плоске з потовщеннями в місцях встановлення башмаків стаканного типу під проміжні колони.

Покриття резервуара можна робити з типових конструкцій перекриттів багатопверхових каркасних будівель – збірних ригелів та ребристих плит при сітці колон 6×6 м. Проте при цьому значні ділянки покриття виконують із монолітного залізобетону.

Товщину стінки визначають розрахунком на утворення чи розкриття тріщин і приймають у межах $t = 120...200$ мм, ширина збірних панелей – 1510...2075 мм)

Вертикальні бічні грані панелей попередньо напружених резервуарів мають трикутний паз; конструктивна ширина панелі менша від номінальної на ширину стику (зазору). Оскільки для резервуарів різних діаметрів використовують ті самі панелі, зазори у стиках між ними становлять 19...61 мм. Стик панелей заповнюють бетоном (бажано на розширеному або безусадковому цементі) тієї самої марки, що й бетон панелей.

Збірні циліндричні резервуари невеликої місткості (до 500 м³ і діаметром до 12 м) можна зводити без попереднього напружування кільцевої арматури. У

цьому разі збірну сітку роблять без попереднього напружування, а всю кільцеву арматуру панелей з'єднують у стиках. Цього досягають зварюванням закладних деталей, до яких приварюють робочу арматуру панелей за допомогою накладок або влаштування петельних стиків.

Стик стінових панелей з днищем може бути жорстким або шарнірним. Для зменшення згинальних моментів від обтискування стінки при жорсткому стику в резервуарах великого діаметра стик між панелями та днищем герметизують після натягування кільцевої арматури. В разі шарнірного з'єднання стінки з днищем зазори заповнюють холодною бітумною мастикою, яка може деформуватися при переміщенні стінки без порушення водонепроникності шва.

Як кільцеву попередньо напружану арматуру застосовують високоміцний холоднотягнутий дріт класу В-II (Вр-II) та стержневу арматуру класу А-IV, А-V.

Від корозії напружану арматуру захищають кількома шарами торкрет-штукатурки загальною товщиною, яка б забезпечила захисний шар не менш як 25 мм. Торкретують після наповнення резервуара, що виключає можливість появи тріщин під час подальших наповнень. Стики та внутрішній шар торкрет-штукатурки виконують до натягування арматури, щоб вони були обтиснутими.

Прямокутні залізобетонні резервуари. Монолітні прямокутні резервуари складаються зі стінок постійної або змінної по висоті товщини, які жорстко з'єднані з днищем, а в закритих резервуарах – і з покриттям. Стінки резервуарів заввишки до 4 м переважно гладкі, а більшої висоти – із зовнішніми вертикальними ребрами. Покриття резервуарів безбалкове, рідше ребристе з балковими плитами, оперте на внутрішні колони переважно з квадратною сіткою від 4 × 4 м або 6 × 6 м. Днище – плоске з оберненими капітелями або потовщеннями в місцях опирання колон та вутами на ділянці прилягання до стінки.

Товщину стінок монолітних резервуарів визначають розрахунком на розкриття тріщин, а армування їх – за міцністю на гідростатичний тиск води та боковий тиск ґрунту. Стінки армують двома сітками з вертикальною робочою

арматурою. Конструкція і армування днища та покриття резервуара подібні до монолітних перекриттів багатоповерхових будівель.

Збірні резервуари з уніфікованих елементів (рис. 3.11) мають, як правило, монолітне плоске днище з потовщеннями в місцях встановлення колон та стінових панелей (рис. 3.11, І). Істотного зниження трудомісткості (20...25 %) можна досягти, застосовуючи для монолітних днищ резервуарів фібробетон.

Збірні залізобетонні панелі стін заввишки 3,6...4,8 м з номінальною шириною 3 м встановлюють у поздовжній паз днища. Стик панелей з днищем – жорсткий. Вертикальний стик панелей – шпонковий із зазором 20 мм (рис. 3.11.); стик заповнюють цементним розчином. Конструктивний розмір панелей менший від номінального на 20 мм ($l = 2980$ мм)

Товщина панелей змінна по висоті: від 140 мм угорі до 180...320 мм унизу. При опиранні плит перекриття на стінові панелі останні мають розширення зверху 250...350 мм (рис, 3.11, г). Панелі резервуарів виготовляють із бетону класів В15...В20 і армують стержневою класу А-III та дротяною Вр-1 арматурою.

Кути збірних резервуарів замонолічують і додатково армують. Покриття резервуарів при сітці колон 6×6 м (збірні балкові) виконують із типових конструкцій для перекриттів багатоповерхових промислових будівель.

В разі безригельного вирішення з сіткою колон 6×3 м плити покриття роблять ребристими з кроком поперечних ребер 1000 мм і поздовжніми ребрами

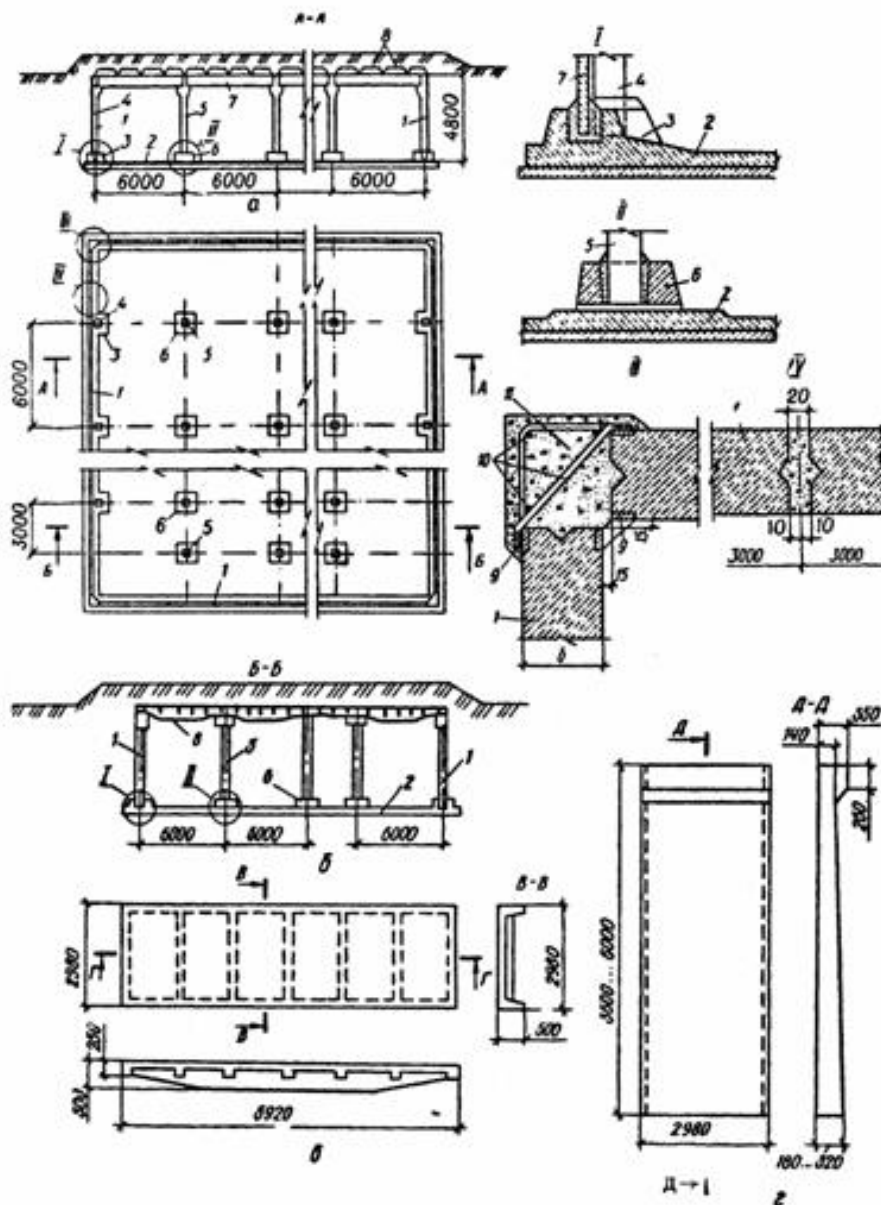


Рис.3.11. Прямокутний резервуар з уніфікованих збірних елементів:

а – при сітці колон 6×6 м; *б* – при сітці колон 6×3 м (без ригельне покриття); *в* – конструкція плити з поздовжніми ребрами змінної висоти; *г* – конструкція стінових панелей; 1 – стінові панелі; 2 – монолітне днище; 3 – фундамент крайньої колони (прилив у днищі); 4 – крайня колона; 5 – проміжна колона; 6 – фундаментний блок; 7 – ригель; 8 – плити покриття; 9 – закладні деталі; 10 – додаткова арматура в монолітній ділянці; 11 – бетон, який укладають під час монтажу (монолітні ділянки)

змінної висоти, опертими на колони та стінові панелі (рис. 3.11, в). Плити виготовляють без попереднього напружування арматури з бетону класу Б25.

Колони квадратного чи прямокутного поперечного перерізу встановлюють у гнізда збірних підколонників, які опирають на потовщення днища (середні колони), або

у гнізда потовщення днища біля стінки (крайні колони). Зазори між колоною та фундаментом бетонують (рис. 1.4, вузли I та II).

При сітці 6×3 м колони вгорі мають розширення 350×350 мм, що необхідно для опирання на колону чотирьох плит.

У резервуарах великої довжини (55...60 м) роблять температурно-усадкові шви. Їх можна виконувати зі сталевими листовими компенсаторами або з герметизуючими стрічками з гуми чи полівінілхлориду. Шов заливають азбоцементним розчином.

3.3 Канали та споруди на них

Розвиток господарства, високі темпи урбанізації та індустріалізації територій, розширення зрошувального землеробства в посушливих районах завжди відбувалися на тлі нерівномірного розподілу водних ресурсів. Ще древні інженери знайшли рішення цієї проблеми - вони почали будувати зрошувальні канали. Канали були покликані вирішити гостру проблему питного та промислового водопостачання шляхом перерозподілу природного поверхневого стоку на значні відстані.

Україна за сумарним річковим стоком відноситься до регіонів з низькою забезпеченістю водою. На одного жителя країни припадає близько 1000 м³ прісної води на рік, для порівняння : в середньому в Європі це значення складає - 4600 м³, світі - 8200 м³, Канаді - 99 000 м³.

Канал (водовід) (лат. *canalis* — труба, жолоб) — гідротехнічна споруда у вигляді відкритого штучного русла з безнапірним рухом води.

Сьогодні слово «канали» стійко асоціюється з Венецією або Амстердамом, які буквально пронизані мережею водних артерій. Але крім них в світі налічуються десятки штучних водних шляхів, нітрохи не менш відомих. Якись були прориті кілька століть тому, якись - відносно недавно. Одні й донині використовуються для вантажної навігації, а за іншими курсують лише тихохідні туристичні баржі. Найстарішими з відомих каналів були зрошувальні канали, побудовані в Месопотамії близько 4000 років до н.е., на територіях, де зараз знаходяться сучасний Ірак і Сирія.

Не виключено, що в Стародавньому Єгипті з'явився і перший в світі судноплавний канал, який з'єднав Червоне море з одним з приток Ніла - річки, що впадала в Середземне море; завдяки цьому шляху кораблі могли подорожувати з одного моря в інше.

Грецькі інженери були першими, хто використав шлюзи, за допомогою яких вони регулювали витрату води в Стародавньому Суецькому каналі ще у 3 столітті до н.е. Першим штучним каналом в Європі вважається Фосса Кароліна (Карлсграбен), що споруджувався в кінці 8-го століття під особистим контролем Карла I Великого.

Канали класифікують за різними ознаками такими як: призначення, капітальність, характер ужилю, умови використання, форма поперечного перерізу.

За способом подачі води канали поділяються на самопливні та машинні, вода в які подається за допомогою насосних станцій.

За умовами використання канали поділяються на постійні та тимчасові

За капітальністю постійні канали поділяються на чотири класи капітальності.

За характером ухилу: з прямим, зворотним та нульовим ухилом

За технологічними умовами роботи: з безперервним та періодичним процесом роботи.

За формою живого перерізу: трапецієвидні, напівкруглі, полігональні, параболічні та прямокутні.

За призначенням розрізняють енергетичні (дериваційні), судноплавні, зрошувальні (іригаційні), обводнювальні, водопровідні, осушувальні, лісосплавні, рибоводні канали, та канали комплексного призначення.

Енергетичні канали підводять воду з ріки, водосховища, озера до гідроелектростанції або відводять від неї відпрацьовану воду. Енергетичні канали характеризуються порівняно невеликою довжиною (зазвичай не перевищує 5-10 км), великою пропускною спроможністю, застосуванням облицювань ложа.

Найбільші розміри серед енергетичних каналів має підвідний канал до ГЕС Боарнуа на річці Святого Лаврентія в Канаді (довжина 24,5 км, пропускна здатність 1500 м³/с), найбільшу пропускну спроможність (1860 м³/с) — канал при ГЕС у Монтелімар (Франція).

Судноплавні канали поділяються на відкриті та шлюзовані. Перші з них сполучають водні шляхи з однаковим рівнем води, другі — водойми з різними рівнями. З відкритих каналів можна назвати великі Суецький і Коринфський, проте переважна більшість подібних споруд — це споруди другого типу: їх шлюзові системи дозволяють суднам підніматися з низьких ділянок каналу на вищі, і навпаки. Найзнаменитіші шлюзовані канали — Панамський і Кільський.

Судноплавні канали за основними функціями бувають:

- сполучні канали між судноплавними річками і морями (Суецький, побудований у 1869, Панамський (1914) канали та ін.);
- обхідні канали, що проходять в обхід важкопрохідних ділянок великих відкритих водойм, наприклад, озер і морів (канали Онезький, Приладозький, Береговий Мексиканський та ін.), чи в обхід ділянок річок з порогами;
- випрямні канали — для зменшення звивистості річки та скорочення довжини водного шляху;
- підхідні канали — судноплавні підходи з моря, озера або річки до населених пунктів, внутрішніх портів, промислових підприємств, сільськогосподарських районів (Морський канал у Санкт-Петербурзі, Манчестерський канал та ін.).

Обхідні, випрямні і підхідні канали будують зазвичай відкритими (нешлюзованими). Майже всі сполучні канали — шлюзовані, через значну, різницю рівнів у водоймах, що сполучаються, а також через необхідність зменшення обсягів земляних робіт при проведенні каналів через вододіли. Вода в шлюзовані канали подається самопливом або напompовується насосними станціями .

Іригаційні (зрошувальні) канали переносять воду для зрошення з рік, озер чи свердловин, й влаштовані таким чином, щоб заданий рівень води підтримувався на всій довжині каналу. Іригаційні канали зазвичай утворюються системою каналів. У них вода надходить самопливом або подається насосами. У великих іригаційних системах довжина магістральних каналів нерідко досягає декількох сотень кілометрів (Каракумський канал, 1-а черга, до м. Ашхабада, — понад 800 км, Північно-Кримський канал — понад 400 км, Великий Ферганський канал — близько 300 км). Витрата води в магістральній частині таких каналів становить до 250-500 м³/с.

Обводнювальні канали подають воду для сільськогосподарських потреб (головним чином тваринництва) у безводні і посушливі райони; збільшують потоки місцевих невеликих річок, покращують їх санітарний стан (наприклад, у містах

Водопровідні канали служать для подачі води від джерела водопостачання до місця її використання — промислового району, міста, селища і т.п.

До великих водопровідних каналів відноситься канал Сіверський Донець — Донбас, збудований у 1958 році (у 1979 році реконструйований і розширений) для забезпечення промисловості Донецької області. Це канал має довжину близько 130 км та витрату води у головній частині 25-43 м³/с.

Канали відносяться до безнапірних водоводів, в яких рух води здійснюється самопливом. Вони призначені для транспортування води на значні відстані.

Осушувальні канали призначаються для збору води на заболоченій території і відведення її у водоприймач (річку, озеро, море). Вони складаються з відкритих магістральних каналів різних порядків, що прокладаються найнижчими місцями осушуваної площі, а при осушенні дренажем — відкритих або закритих колекторів, що впадають в магістральний канал і рідше — у водоприймач.

Лісосплавні канали служать для сплаву лісу від місць заготівлі до лісосплавних річок чи лісопильного заводу з метою транспортування деревини в обхід гідротехнічних споруд.

Рибоводні канали споруджують для подачі води на нерестовища, для пропуску риб в обхід гідротехнічних споруд чи сполучення з річкою окремих ізольованих водойм, у яких розводиться риба, і т. д.



Рис. 3.12. а -Панамський канал — судноплавний канал, що сполучає Панамську затоку Тихого океану з Карибським морем і Атлантичним океаном;б-Водопровідний канал Сіверський Донець — Донбас

Конструкції каналів. За конструкцією канали бувають закриті та відкриті.

Відкриті канали. При гідравлічному розрахунку попередньо призначають форму поперечного перерізу каналу, ухил дна і його пропускну спроможність, далі уточнюють гідравлічно найвигіднішу площу поперечного перерізу каналу і перевіряють прийнятну пропускну здатність при заданому ухилі дна, при необхідності з'ясовують положення кривої вільної поверхні води в каналі.

Форма поперечного перерізу - у гідравлічному відношенні найвигіднішою є напівкругла форма каналу, але через труднощі виконання і збереження в реальних умовах криволінійних обрисів напівкруглу і параболічну форми використовують рідше.

Поперечний переріз відкритих каналів найчастіше трапецеїдальної форми; Прямокутний переріз використовується при проходженні каналів у скельних виїмках, а в м'яких ґрунтах — в особливих випадках шляхом зведення підпірних стінок.

Коефіцієнт укосів (відношення закладення до висоти) каналу трапецеїдального перетину залежить від характеру ґрунту, а також від наявності

та способу кріплення укосів. Зазвичай коефіцієнт укосів приймають в межах від 1,5 до 3

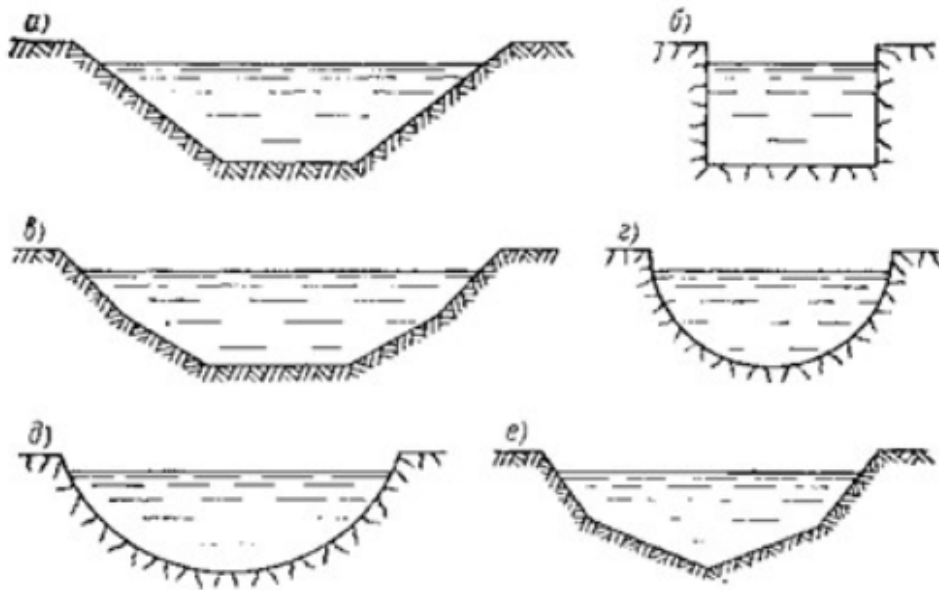


Рис 3.13 Форма поперечного перерізу каналів . а - трапецеїдальна; б - прямокутна; в - полігональна; г - напівкругла; д - параболічна; е – улоговино подібна .

Трасу каналу вибирають на підставі даних топографічних і геологічних вишукувань. Канал повинен мати по можливості рівномірний уклон на всій довжині.

Величина ухилу, безпосередньо пов'язана зі швидкістю руху води в каналі, лімітується цілим рядом умов. Занадто малі ухили і, отже, малі швидкості призводять (при заданій витраті) до збільшення площі поперечного перерізу каналу і тим самим до збільшення його будівельної вартості. Крім того, при малих швидкостях може відбуватися замулення та заростання каналу. Занадто великі ухили можуть викликати зростання швидкостей до меж, небезпечних у відношенні розмиву каналу.

Верхні межі розрахункової швидкості руху води в каналі залежать від характеру ґрунтів, в яких проходить канал, наявності та характеру кріплень або покриття стінок і дна каналу. У каналах без облицювання - до 0,6-0,7 м/с. В облицюваних каналах 1,5-2 м / с і більше.

Облицювання каналів. Будувати канал без облицювання його стінок і дна можна тільки в щільних слабопроникних ґрунтах, де втрати води на фільтрацію відносно невеликі.

Облицювання влаштовується в цілях зниження фільтраційних втрат, оберігання їх від розмиву та зсуву укосів, зниження шорсткості поверхні їх стінок, а також запобігання заростання каналу водною рослинністю. В окремих випадках облицювання може служити для захисту каналу від надходження в нього забруднених ґрунтових вод.

У водопровідних каналах застосовують різні **види облицювань**: гравійні відсіпки, мощення, бітумне покриття, глинисті екрани, бетонні і залізобетонні покриття. Два перших типи служать в основному для захисту укосів каналів від розмиву і обрушення, решта - для боротьби з фільтрацією.

Перетин каналом понижених місць траси, ярів, річок, а також доріг здійснюється за допомогою **дюкерів**, що представляють собою напірні гравітаційні водоводи із залізобетонних або металевих труб. Їх зазвичай укладають в дві паралельні лінії (це збільшує надійність роботи).

Закриті канали. Умови експлуатації і санітарні вимоги інколи викликають необхідність робити водопровідні канали закритими (наприклад, водопровідний канал довжиною близько 30 км подає воду з Учинського водосховища до Москви). Закриті безнапірні канали використовуються для подачі чистої природної або вже очищеної води.

Матеріали: Раніше закриті канали майже завжди будували з цегли; в даний час їх виконують в основному з бетону або залізобетону. Залізобетонні канали бетонуються на місці або монтуються зі збірних елементів.

Форма поперечного перерізу. Форма перетину повинна забезпечувати хороші гідравлічні характеристики каналу і хороший його опір тиску ґрунту на ділянках, де він проходить в землі. Найчастіше застосовуються канали овоїдальної, лотковою і круглої форми. У зарубіжній практиці досить поширена підковоподібна форма поперечного перерізу закритих каналів.

Розрахункова ступінь наповнення каналів (відношення глибини потоку води до висоти каналу) приймається зазвичай в межах від 0,75 до 0,9. Так як канали розглянутого типу не розраховуються на напірний режим роботи, то встановлена ступінь наповнення повинна гарантувати неможливість утворення в каналі підпору

На безнапірних закритих каналах для переходу ярів, річок і долин влаштовують **дюкери** і в окремих випадках мости - **акведуки**. Крім того, ці канали також обладнуються огорожуючими спорудами та спорудами для скидання води в цілях оберігання каналу від переповнення. При перетині безнапірними закритими каналами височин широко використовуються тунелі.

ТЕМА 4 ПІДПІРНІ СТІНКИ

Дефіцит незабудованих територій в містах примушує забудовувати навіть території з несприятливими умовами рельєфу. Тому, останнім часом фахівцям доводиться все частіше проводити проектування підпірних стін.

Підпірні стіни - багатофункціональні інженерні споруди – вони служать для утримання ґрунту на укосах і виїмках від зсуву, дозволяють провести терасування території, що дає можливість максимально ефективного використання площі, зміцнюють берегову лінію.

Територія України і, зокрема, Закарпаття володіє різноманітними складними інженерно-геологічними умовами, тому питання проектування підпірних стін є актуальним в нашому регіоні.

У світі накопичено багатий досвід в області проектування і зведення підпірних стін, розроблено значну кількість посібників і рекомендацій, щодо їх проектування. Існують різні підходи, які дозволяють проектувати економічно ефективні, і естетично привабливі стіни.

Підпірні стінки - це споруди, що утримують ґрунт від обвалення в укосах насипів і виїмок

Підпiрнi стiнки класифiкують за рiзними ознаками такими як: спосiб зведення, матерiал пiдпiрної стiнки, конструктивнi рiшення, профiль поперечного перерiзу та iншi.

За способом зведення розрiзняють монолiтнi збiрнi i збiрно-монолiтнi стiнки.

Залежно вiд матерiалу пiдпiрнi стiнки бувають залiзобетоннi, бетоннi, бутобетонi, кам'яни, дерев'яни, цегляни та iн.

В залежностi вiд основи - на природнiй та штучнiй основi.

За конструктивним рiшенням пiдпiрнi стiни подiляються на масивнi i тонкостiннi.

По висотi - низькi (до 10 м), середнi - (10- 20 м) i високi (20 i бiльше).

Залежно вiд профiлю поперечного перерiзу: прямокутнi, трапецiєподiбнi, нахиленi, з ламаним профiлем, зi ступiнчастим профiлем

У залежностi вiд конструкцiї та призначення слiд розрiзняти пiдпiрнi стiни: гравiтацiйнi, гнучкi, комбiнованi, заанкеренi в скелю; з армованого ґрунту; гнучкi у комбiнацiї з рiзними елементами.

Проектування пiдпiрних стiн. Пiдпiрнi стiни слiд проектувати з врахуванням теорiї граничного напруженого стану.

Проводячи проектування пiдпiрних стiн, розглядають доцiльнiсть: створення конструкцiй, що мають зворотний ухил основи упору в сусiдню конструкцiю; ущiльнення основи та засипки, рiзних способiв укрiплення ґрунту бiля основи плити; часткової заміни ґрунту основи; часткової заміни грубозернистого ґрунту для пiдсипання (що призведе до зниження висоти стiни); спорудження палевих екранiв, кам'яних призм та iнших пристроїв, що володiють розвантажувальним або екрануючим ефектом.

Вибiр конструктивного матерiалу обумовлюється технiко-економiчними мiркуваннями, вимогами довговiчностi, умовами виробництва робiт, наявнiстю мiсцевих будiвельних матерiалiв i засобiв механiзацiї.

Розміри поперечного перерізу і профіль підпірної стіни визначають на основі розрахунку її міцності і стійкості на зсув.

Підпірні стіни слід проектувати на навантаження та впливи: розпірний тиск, у граничному стані - мінімальний активний тиск, що реалізується при зміщенні стіни від ґрунту; реактивний тиск, у граничному стані-максимальний пасивний тиск, що реалізується при зміщенні стіни на ґрунт (засипка чи ґрунт у природному стані); бічний тиск у стані спокою; зсувний тиск при впливах зсувних процесів; навантаження від верхньої будови, що безпосередньо діють на підпірну стіну, якщо стіна використовується в якості несучої конструкції, наприклад, огорожувальна конструкція підземної споруди чи заглибленої частини будівлі; додаткове навантаження на поверхні ґрунту.

Конструкції гравітаційних підпірних стін

Гравітаційні підпірні стіни - це споруди, стійкість яких забезпечується за рахунок власної ваги і ваги ґрунту засипки;

Умовно гравітаційні стінки поділяються на кілька типів: кутові, масивові (жорсткі), чарункові

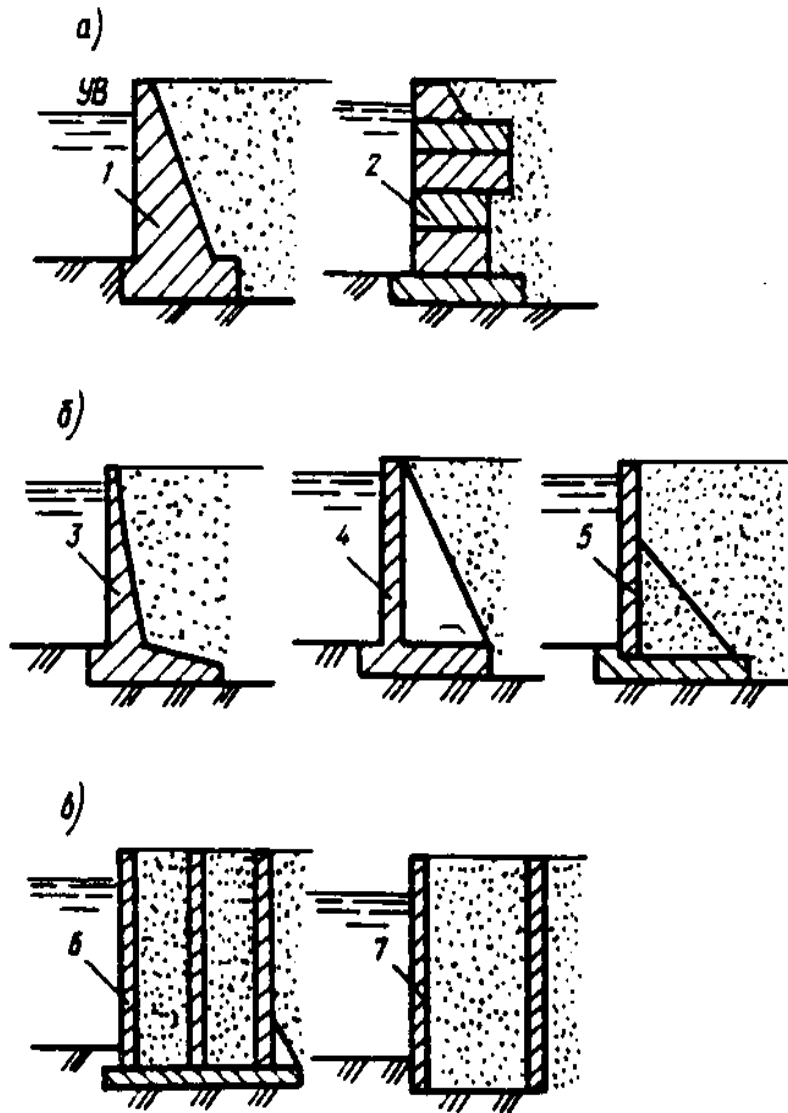


Рис.4.1 Основні види гравітаційних підпірних стін

а - масивні; б - кутові; в - чарункові; 1 - монолітні; 2 - збірні; 3 - консольні; 4 - контрфорсні; 5 - з анкерними тягами; 6 - ті що зодяться в котловані або наплавні; 7 - з оболонок великого діаметра

Гравітаційні зводяться на нескельній та скельній основі. Гравітаційні підпірні стіни за способом зведення можуть бути монолітними, збірними та збірно-монолітними; за принципом роботи-консольними, контрфорсними, з використанням анкерних тяг, наплавні або зведені в котловані, побудовані із застосуванням оболонок великого діаметра.

У промисловому і цивільному будівництві, як правило, знаходять застосування тонкостінні підпірні стіни кутового типу, наведені на рис. 2.

Набережні , зазвичай, проектують у вигляді масивової (рис. 4.2) або кутикової підпірної стінки, у випадку, коли використання палевих підпірних стінок не є можливим.

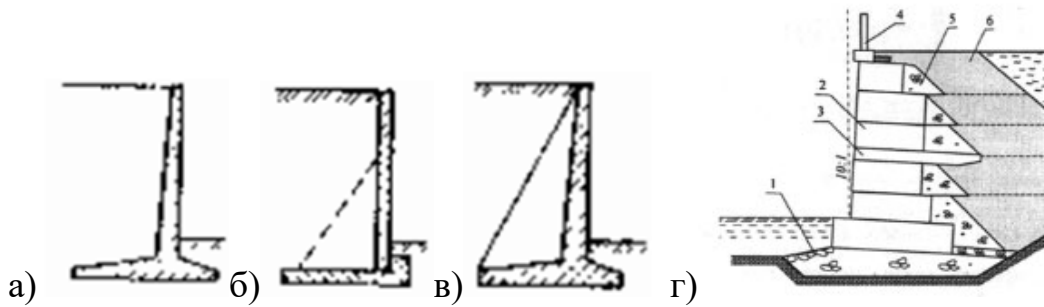


Рис. 4.2 Тонкостінні підпірні стіни а - кутові консольні; б-кутові анкерні; в-контрфорсні; г- Стінка з масивової кладки; 1-кам'яна постіль; 2- бетонні масиви; 3- розвантажувальна плита; 4- збірна залізобетонна огорожа; 5- гравійна обсыпка; 6- піщана засипка

При відповідному техніко-економічному обґрунтуванні підпірні стіни допускається виконувати заанкереними в скелю.

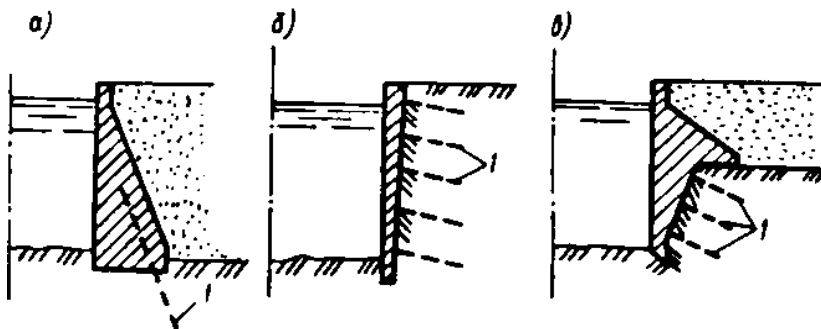


Рис 4.3 Підпірні стіни, заанкерені в скелю: а - масивові; б - заанкерені облицювання; в - комбівані з масивовим облицюванням; 1 - скельний анкер

Конструкції палевих підпірних стінок

Гнучкі підпірні стіни зводяться на основах, що дозволяють занурювати в них шпунт чи палю, використовують у стиснених умовах будівництва. До гнучких підпірних стінок відносяться: шпунтові, у т.ч. підвищеної жорсткості, пальові, стіни-діафрагми з ребрами жорсткості, стіна в ґрунті

Стійкість гнучких ПС забезпечується анкеруванням у ґрунті, анкерними і розпірними конструкціями;

Шпунтові підпірні стінки можуть бути як постійними так і тимчасовими інженерними спорудами, їх використовують як для огороження котлованів в

умовах будівництва, так і для укріплення територій від вимивання ґрунту. Шпунти бувають різних матеріалів та розмірів.

Класичним прикладом є використання залізобетонних шпунтів з монолітними шапочними балками. Заводи виготовляють шпунти довжиною до 9 метрів, шириною 1 метр, товщиною 200 та 250 мм, з випусками робочої арматури для подальшого бетонування шапочної балки. Залізобетонний шпунт міцна та надійна конструкція. Морозостійкість шпунта – F200, водонепроникність W8.

Палеві підпірні стінки зводяться на нескельній основі, але частіше їх використовують в піщаних або глинистих ґрунтах. Пальова стінка складається з окремих паль, об'єднаних по верху монолітним чи збірним ростверком. Конструкції палевих стінок легші, а їх стійкість досягається за рахунок виникнення пасивного відпору на тиск ґрунту в районі нижньої частини стінки або створення у верхній частині спеціального кріплення - анкера (2б).

Якщо берег необхідно підсипати, влаштовують масивні підпірні стіни на пальовій основі (рис.4.5)

Стіна-діафрагма – стіна, що сприймає горизонтальні навантаження. Поперечні ребра жорсткості забезпечують місцеву стійкість стінки, є одночасно діафрагмами

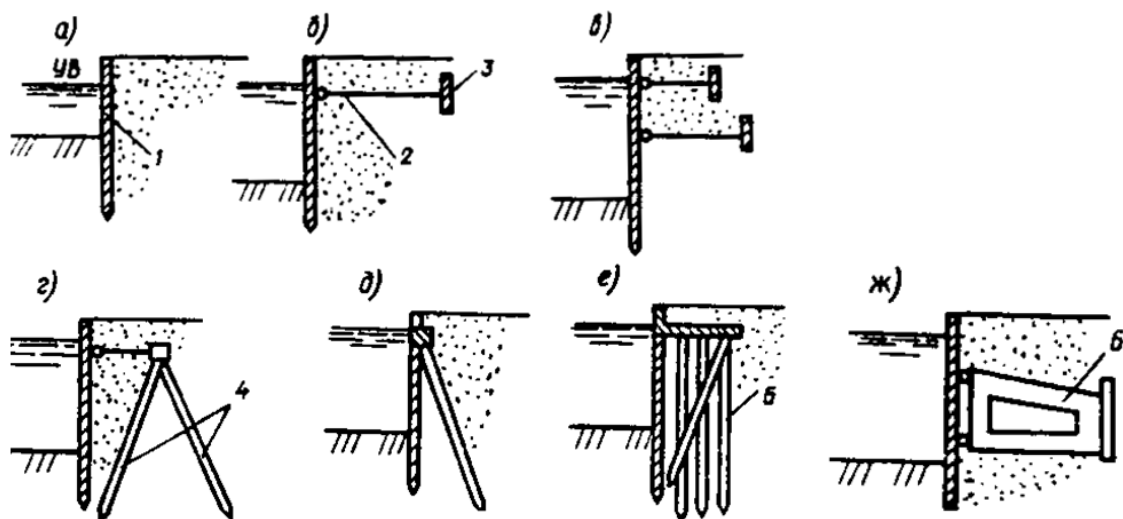


Рис 4. 5. Основні види шпунтових і палевих підпірних стін

а - безанкерні, б, в, г - заанкерені однією або двома тягами до плит і свай; д - заанкерені до похилих свай; е - свайний ростверк з переднім шпунтом; ж - заанкерені з жорстким (у тому числі ковзаючим) анкером; 1 - шпунт; 2 - анкерна тяга; 3 - анкерна плита; 4 - анкерні палі; 5 - фундамент палі; 6 - жорсткий анкер

Способом «стіна в ґрунті» називають розробку глибоких вузьких траншей під глинистим розчином з наступним заповненням їх ґрунтом, ґрунтобетонном, монолітним бетоном або залізобетоном.

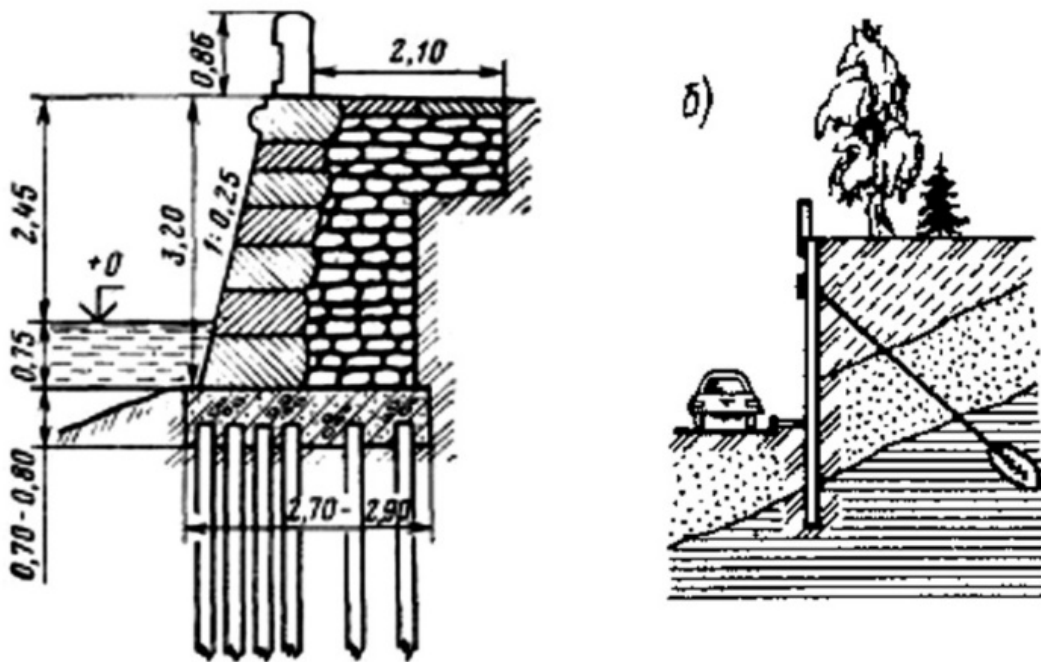


Рис. 4.6. а-Масивна підпірна стінка на пальовій основі; б- стіна в ґрунті

Особливості зведення підпірних стінок. Підпірні стіни, які зводяться на нескельній основі, повинні бути розбиті по довжині на окремі секції деформаційними швами (температурними і температурно-осадочними), а ті, що зводяться на скельній основі - температурними швами.

Відстань між швами: для кам'яних, бутобетонних і бетонних — 10м; ті ж за наявності армування 20м; для монолітних залізобетонних 25м; для збірних залізобетонних 30м.

Якщо основа стіни утворена неоднорідними ґрунтами, то відстань між швами зменшують так, щоб кожен відсік спирався на однорідний ґрунт.

Ширина швів приймається рівною 30 мм, в монолітних конструкціях вкладається просмолена дошка.

За наявності фільтраційних вод у засипці за підпірними стінами необхідно розглядати доцільність влаштування дренажу, який забезпечує зниження рівня та тиску ґрунтової води на тилу грань споруди.

Для облицювання набережних застосовують граніт, піщаник та ін. Верхом стінки влаштовують огородження з металевих чи залізобетонних ґрат з тумбами або у вигляді суцільного кам'яного парапету.

Висоту огорожень приймають 0,9 – 1 м.

Для залізобетонних конструкцій підпірних стін рекомендується арматурна сталь: робоча АІІ і АІІІ, розподільча і конструктивна класу АІ чи арматурний дріт класу ВІ.

Для анкерних тяг рекомендується арматурна сталь класу АІІІ, прокатна смугова марок ВСтЗкп21, ВСтЗпсб і10Г2С1; товщина смуги не менше 6 мм.

При розташуванні підпірних стін на прямих ділянках вздовж залізничної колії мінімальна відстань від осі шляху нормальної колії до зовнішньої межі стіни приймається зверху щонайменше 2500, з низу 3100 мм.

При розташуванні підпірних стін на криволінійних ділянках ця величина збільшується на 0,1 м при радіусі кривизни 1200... 1800 м, на 0,2 м при радіусі кривизни 1000...700 метрів і на 0,3 м при радіусі 600 метрів і менше.

ТЕМА 5 ПІДЗЕМНІ КОЛЕКТОРИ

Інженерні мережі є основним елементом інженерного благоустрою міських територій. Вода потрібна людині для господарсько-питних, санітарно-гігієнічних, виробничих та інших цілей. Для організованого відведення забруднених стічних вод служать каналізаційні мережі. Існування сучасних міст неможливо без електропостачання, тепlopостачання, газопостачання, мереж зв'язку. Весь комплекс споруд і пристроїв, що служать для забезпечення умов комфортного проживання є для нас життєво-необхідним.

Роздільне прокладання підземних мереж вимагає значних капіталовкладень, витрат праці й створює в населених пунктах більші 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.

Міський підземний простір бурхливими темпами починає розвиватися в роки Радянської влади. Підземний простір сучасних великих міст, а також промислових підприємств має складну систему, він насичений різними інженерними спорудами й комунікаціями. Він складається з мереж, каналів та колекторів і споруд на мережах.

ПІДЗЕМНІ КОЛЕКТОРИ (ПК) - це підземні прохідні галереї, призначені для забезпечення спільного розміщення різного роду кабелів і трубопроводів. Використання ПК має наступні пріоритети:

1. завдяки їм при ремонті існуючих або будівництво нових підземних мереж немає необхідності розривати вулиці.
2. в них можна розмістити відразу декілька мереж.
3. Мережі, які розміщені в загальному колекторі, знаходяться в кращих умовах, оскільки їх регулярно оглядають, беруть профілактичні заходи, доступ до них відкритий для фахівців.
4. Коли трубопроводи прокладаються в ґрунті, вони часто піддаються корозії. У колекторі таких випадків набагато менше.

Для прокладки підземних мереж використовують два види колекторів: кабельні - призначені для кабельних мереж, та загальні (рис.1)- для спільної прокладки трубопроводів і кабелів. У кабельних колекторах розміщуються кабельні мережі будь-якого перерізу як сильних (напругою, зазвичай, до 10 000 В), так і слабких струмів. У загальних колекторах прокладаються різні кабелі, напірні водопровідні труби діаметром до 300 мм і трубопроводи теплофікації. У загальних колекторах, як правило, не прокладаються: напірні каналізаційні і водопровідні труби діаметром більше 300 мм;самопливні труби різних систем каналізації (через різницю в ухилах загального колектора і самопливних каналізаційних труб, складності прочищення останніх і наявності в них газів) ; газопроводи - з побоювання можливості витоку газу, вибуху і т. д.; електрокабелі напругою понад 10 кВ.

У загальних колекторах газові мережі можна прокласти тільки за спеціальним дозволом технічної газової інспекції (за наявності спеціальної вентиляції).

Глибину закладення колекторів призначають, виходячи з проектних відміток вертикального планування території, несучої здатності їх конструкцій та умов температурного режиму. У плані траси колекторів прокладають 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.

Обладнання. Колектори обладнають освітленням, вентиляцією, сигналізацією та іншими пристроями, що забезпечують нормальну експлуатацію прокладених у них мереж.

Конструкція. Конструкції міських колекторів необхідно передбачати з урахуванням геологічних і гідрогеологічних умов, а також прийнятих способів виробництва робіт.

Поздовжній профіль колектора повинен забезпечувати самопливний відвід аварійних і випадкових вод в знижені точки, обладнані засобами водо видалення. Ухил лотка при цьому повинен бути не менше 0,002. Розміри колекторів приймаються в залежності від кількості та виду розміщуваних мереж, а також умов їх експлуатації. При відкритій проходці застосовується прямокутна форма колекторів, при закритій – кругла. Круглі колектори будуються за допомогою щитів діаметром від 1,5 до 3,6 м

Будівельна вартість прямокутних колекторів, які споруджуються відкритим способом в середніх ґрунтах на невеликій глибині, віднесена до 1 пог. м прокладених у цьому колекторі мереж, приблизно в два рази нижче вартості круглих колекторів, споруджуваних за допомогою щитової проходки закритим способом. Разом з тим закрита проходка іноді буває необхідна за місцевими умовами.

За способом зведення колектори бувають монолітні, збірні та збірно-монолітні. Застосування монолітного залізобетону для несучих конструкцій міських колекторів допускається: при неможливості застосування збірних залізобетонних конструкцій, передбачених каталогом, внаслідок великих навантажень, інших габаритів або з умови виробництва робіт. Перевага в цьому випадку повинна віддаватися індустріальних методів виробництва робіт таким як, метод "стіна в ґрунті", застосування металевих пересувних опалубок і т.п.

Прямокутні колектори можуть мати найрізноманітніші конструктивні рішення: з бетонним дном, цегляними стінами і збірним залізобетонним перекриттям; з монолітним залізобетонним дном, стінками і збірним перекриттям; з дном і перекриттям зі збірних залізобетонних плит при бетонних стінах; збірний з ребристих залізобетонних блоків. Прокладання трубопроводів у круглому колекторі більш складне, так як площа круглого перерізу не може бути використана з такою повнотою, як площа прямокутного перерізу.

В залежності від кількості та виду прокладених в них комунікацій прямокутні колектори бувають односекційні розміром (у чистоті) від 1,3 x 1,5 до 2,5 x 3,0 м та двосекційні при розмірах кожній секції від 2,1 x 2,5 за 2,4 x 3,0 м.

Односекційний колектор (рис.2 дод.1) складається з 4 елементів-блоків: двох стінових, днища і перекриття; Двосекційний (рис.3 дод 1) колектор складається з семи збірних блоків: двох стінових, двох блоків перекриття, двох плоских плит днища і середнього стінового блоку.

На ділянках повороту траси колектора, в спорудах камер та вузлів, а також в колекторах, габарити яких не дозволяють застосовувати об'ємні та лоткові елементи використовують збірні залізобетонні конструкції із застосуванням кутових стінових блоків (рис.4, дод 1) Збірні блоки досить транспортабельні як в межах бетонного заводу, так і на будмайданчику при звичайних транспортних засобах і навантажувальних механізмах. Так як найбільша вага окремого блоку не перевершує 2,4т, монтажні роботи можна вести протягом круглого року поточно-швидкісними методами.

Внутрішні габарити колекторів слід приймати з урахуванням таких вимог:

- Ширина проходу в чистоті повинна прийматися рівною найбільшому діаметру трубопроводу (без урахування товщини ізоляції) який прокладається в колекторі, плюс 100 мм, але не менше 800 мм,

- Висота не менше 1800 мм (у світлі);

- Протягом не більше 1 м може бути зменшена висота проходу до 1,5 м, а менше 1,5 м лише за погодженням з установою, експлуатуючою колектор.

Для захисту від проникнення ґрунтових вод стіни колектора обклеюють двома шарами пергаменту і захищають стінкою товщиною в півцеглини. Сполучні шви між блоками ущільнюють і зашпаровують цементним розчином. При закладенні колектора нижче рівня підземних вод, а також в глинистих і суглинних ґрунтах за відсутності підземних вод слід передбачати влаштування супутнього дренажу, з відведенням дренажних вод, як правило, в дощову каналізацію.

Шви між збірними залізобетонними конструкціями колекторів заповнюються цементним розчином, оклеиваються зовні двома шарами гідроізола і захищаються асбоцементним листом. Для будівництва колекторів можуть використовуватися азбестоцементні вироби, однак залізобетон за своїми властивостями не поступається лідерства нікому.

Висоту засипки над перекриттям колектора слід приймати: для колекторів з теплопроводами не менше 0,7 м і без теплопроводів не менше 1,0 м.

Допускається зменшення висоти засипки поза проїзною частиною, на ділянці камер та вузлів до 0,3 м.

Самопливні трубопроводи можуть бути включені в колектори, якщо на це є причини і технічні умови дотримані. Але, як показує практика, такі випадки сьогодні дуже рідкісні.

Існують деякі недоліки будівництва колекторів - наприклад, на етапі будівництва необхідно буде відразу вкласти значну суму коштів, самопливні трубопроводи і газопроводи в колекторах розміщувати складно, а часом і просто неможливо технічно.

Перед тим, як прийняти рішення про будівництво колекторів, прораховується вигідність даного будівництва та його доцільність із економічної точки зору. Можливо прокласти мережі окремо вигідніше, ніж спорудити колектор. Але один факт очевидний - в колекторі мережі прокласти дешевше, оскільки не доведеться будувати оглядові колодязі, використовувати фундаментні блоки залізобетонні та кільця, влаштовувати канали і так далі.

ДОДАТКИ

Додаток 1

КОЛЕКТОРИ

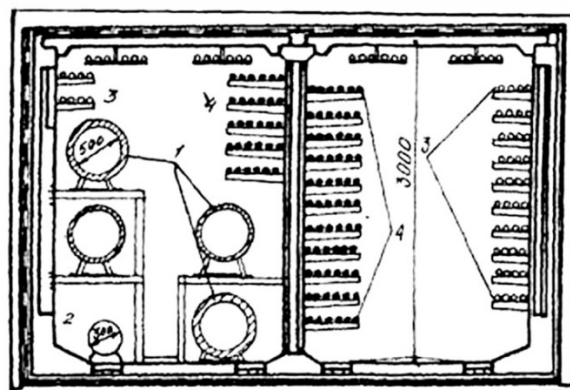
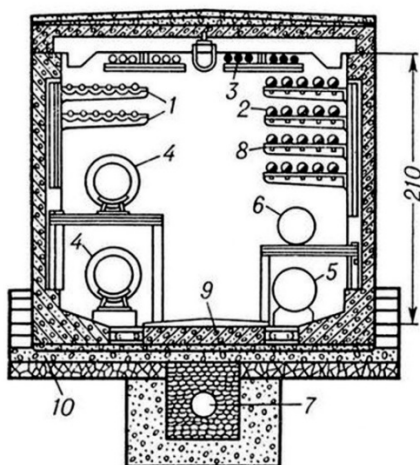


Рис.1 Розміщення інженерних комунікацій в підземному колекторі:
 1 — кабелі зв'язку; 2 — кабелі силові;
 3 — кабелі внутрішнього обслуговування колектора; 4 — трубопроводи теплової мережі;
 5 — водопровід; 6 — каналізація; 7 — дренажна труба; 8 — металеві полицки; 9 — залізобетонні блоки; 10 — бетонна підготовка.

Рис.2 Двухсекційний колектор зі збірних елементів
 1- трубопроводи теплопостачання;
 2 - водопровід; 3- кабелі зв'язку;
 4 - електрокабель

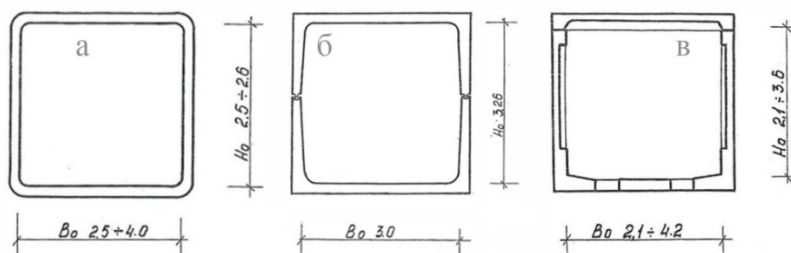


Рис. 3 а - Колектор з об'ємних елементів; б - Колектор з лоткових елементів; в - Колектор з кутових стінових блоків;

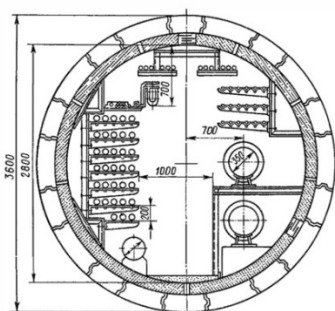


Рис.4. Міський колектор круглого перерізу

Рис.5. Конструкції міських колекторів

ЛІТЕРАТУРА

1. Інженерні споруди : навч. посіб. / О.В. Інкін ; М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». – Дніпро : НТУ «ДП», 2021. – 219 с.
2. Основи та фундаменти споруд. ДБН В.2.1-10-2009 – Чинний від 19-03-2002]. – К.: Держбуд України, 2002. – 92 с. – (Державні будівельні норми України)
3. Споруди системи інженерного захисту території. ДБН Б.2.2-5:2011. Благоустрій територій]. – К.: Держбуд України, 2011. – 144 с. – (Державні будівельні норми України)
4. ЗАХИСТ ВІД НЕБЕЗПЕЧНИХ ГЕОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ Основні положення проектування ДБН В.1.1+24:2009]. – К.: Держбуд України, 2009. – 123 с. – (Державні будівельні норми України)
5. ДБН В.2.1–10–2009. Основи та фундаменти споруд. Основні положення проектування. – [Чинний від 2009-07-09]. – Київ, 2009. – 82 с. – (Національний стандарт України).
6. ДБН В 2.4-3:2010. Гідротехнічні, енергетичні та меліоративні системи і споруди, підземні гірничі виробки. Гідротехнічні споруди. Основні положення. – [Чинний від 2011-01-01]. – Київ, 2010. – 38 с. – (Національний стандарт України).
7. ДСТУ 3587–97. Безпека дорожнього руху. Автомобільні дороги, вулиці та залізничні переїзди. Вимоги до експлуатаційного стану. – [Чинний від 1997- 07-31]. – Київ, 1997. – 23 с. – (Національний стандарт України).
8. ДСТУ Б Д.2.2–10:2009. Тунелі та метрополітени. Обслуговуючі процеси. – [Чинний від 2010-01-02]. – Київ, 2010. – 45 с. – (Національний стандарт України).
9. ДСТУ 4611:2006. Магістральні трубопроводи. Терміни та визначення основних понять. – [Чинний від 2006-06-29]. – Київ, 2007. – 31 с. – (Національний стандарт України).

10. ДСТУ В.1.1-38:2016. Інженерний захист територій, будинків, будівель і споруд від підтоплення та затоплення. – [Чинний від 2017–04–01]. – Київ, 2017. – 203 с. – (Національний стандарт України).
11. Raising Knowledge among Students and Teachers on Tailings Safety and its Legislative Review in Ukraine. Annex 12. Education Course on Tailings Safety. Report No. (UBA-FB) 002638/E/, 2017. – 144 p.
12. Tailings dams risk of dangerous occurrences: Lessons learnt from practical experiences / International Commission on Large Dams. Paris: CIGB: ICOLD, 2001. – 144 p. – (ICOLD Bulletin No. 121). 215
13. Environmental Management Systems – Requirements with guidance for use. ISO 14001:2004 <https://www.iso.org/standard/23142.html>.
14. Butler, David. Urban drainage / David Butler and John W. Davies. – 2nd ed. p. cm. 1. Urban runoff. I. Davies, John W. II. Title TD657. B88 2004 628 .21—dc22
15. М.О.ШУЛЬГА, І.Л.ДЕРКАЧ, О.О.АЛЕКСАХІН . ІНЖЕНЕРНЕ ОБЛАДНАННЯ НАСЕЛЕНИХ МІСЦЬ, Підручник Харків– ХНАМГ– 2007 - 259 с.
16. Деркач І. Л. Міські інженерні мережі: Навч. посібник (для студентів 4,5, 6 курсів спец. 7.092102 – «Міське будівництво і господарство», 7.120103 – «Містобудування» та напряму 1201 – «Архітектура»). - арків: ХНАМГ, 2006.– 97 с.

Навчальне видання

КУРС ЛЕКЦІЙ З ДИСЦИПЛІНИ «ІНЖЕНЕРНІ МЕРЕЖІ ТА СПОРУДИ» (ДЛЯ
СТУДЕНТІВ НАПРЯМКУ 192 «БУДІВНИЦТВО ТА ЦИВІЛЬНА ІНЖЕНЕРІЯ»
)/ Уклад.: Н. Ю. Кіс. – Ужгород: УжНУ, - 2024 – 84 с.

Укладач: Кіс Н.Ю.

План 20023, поз.216М

Підп. до друку 6.08.2023

Формат 60x84 1/8.

Папір офісний

Друк на ризографі. Обл.-вид. арк. 1,0. Тираж 30

Зам. №

прим.
