

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА**

**С. В. Шаповал**

**ТЕХНОЛОГІЯ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ**  
**ВОДОГОСПОДАРСЬКОГО БУДІВНИЦТВА**

**КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ**

*(для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти  
денної форми навчання зі спеціальності*

*194 – Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології)*

**Харків**  
**ХНУМГ ім. О. М. Бекетова**  
**2024**

УДК 626.8:65(075.8)

**Шаповал С. В.** Технологія та організація водогосподарського будівництва : конспект лекцій для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної форми навчання зі спеціальності 194 – Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології / С. В. Шаповал ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2024. – 140 с.

Автор:

канд. техн. наук, доц. С. В. Шаповал

Рецензент

**О. В. Кондращенко**, професор, доктор технічних наук, професор кафедри матеріалознавства та інженерії композитних конструкцій (Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова)

*Рекомендовано кафедрою матеріалознавства та інженерії композитних конструкцій, протокол № 1 від 29.08.2023.*

© С. В. Шаповал, 2024

© ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2024

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1 БУДІВНИЦТВО ЗАКРИТИХ НАПІРНИХ ТРУБОПРОВОДІВ.....	6
1.1 Підготовчі роботи.....	6
1.2 Допоміжні роботи.....	7
1.2.1 Водовідлив та зниження рівня ґрунтових вод.....	7
1.2.2 Забезпечення стійкості стінок виїмок.....	9
1.2.3 Штучне закріплення ґрунтів.....	14
1.3 Ущільнення ґрунтів.....	25
1.4 Розробка траншей під трубопроводи.....	34
1.5 Труби для будівництва трубопроводів.....	36
1.6 Ізоляційні матеріали для труб.....	43
1.7 З'єднання труб.....	50
1.8 Монтаж трубопроводів.....	53
1.9 Зворотна засипка трубопроводів.....	61
1.10 Випробування трубопроводів.....	62
1.11 Технологія безтраншейного прокладання трубопроводів.....	64
1.12 Перехід трубопроводами через водні перешкоди.....	73
Питання для самоперевірки.....	75
2 ПЕРЕРОБЛЕННЯ ҐРУНТУ ГІДРОМЕХАНІЧНИМ МЕТОДОМ.....	76
2.1 Сфера і умови застосування гідромеханізації.....	76
2.2 Базові схеми виконання робіт.....	78
Питання для самоперевірки.....	84
3 БУДІВНИЦТВО ГІДРОТЕХНІЧНИХ СПОРУД НА ГІДРОМЕЛІОРАТИВНИХ СИСТЕМАХ.....	85
3.1 Класифікація споруд і види робіт.....	85
3.1.1 Транспортування залізобетонних виробів на будівельний майданчик.....	87
3.1.2 Організація монтажних робіт.....	88
3.1.3 Обладнання для монтажних робіт.....	89

3.1.4	Способи і методи монтажу збірних залізобетонних конструкцій.....	90
3.1.5	Орієнтування та встановлення конструкцій.....	92
3.1.6	Тимчасове закріплення конструкцій.....	93
3.2	Зведення дамби.....	94
3.2.1	Види і функції дамби.....	95
3.2.2	Структура дамби.....	95
3.2.3	Ґрунти для зведення земляних гребель.....	96
3.2.4	Підготовчі роботи.....	97
3.2.5	Розбивка елементів греблі на місцевості.....	97
3.2.6	Підготовка поверхні основи греблі.....	98
3.2.7	Укладання ґрунту.....	98
3.2.8	Ущільнення ґрунту.....	100
3.3	Будівництво гребель і дамб за допомогою металевого шпунта.....	100
4	ТЕХНОЛОГІЯ БУДІВНИЦТВА КАНАЛІВ.....	102
4.1	Будівництво зрошувальних систем.....	102
4.1.1	Типізація перетинів каналів.....	102
4.1.2	Геодезичне винесення проєкту каналу на місцевість.....	106
4.1.3	Виконання робіт на ділянках каналів у виїмці.....	107
4.1.4	Виконання робіт на ділянках каналів у напіввиїмці.....	110
4.1.5	Виконання робіт на ділянках каналів у напівнасіпу.....	111
4.1.6	Влаштування протифільтраційного покриття на зрошувальних каналах.....	113
4.1.7	Асфальтобетонні покриття як протифільтраційне облицювання.....	123
4.1.8	Плівково-бетонні облицювання.....	124
4.1.9	Геомембрани.....	128
4.2	Будівництво каналів-лотків.....	129
4.3	Будівництво осушувальних систем.....	132
	Питання для самоперевірки.....	136
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	138

## ВСТУП

Гідротехнічне будівництво – це особлива галузь будівництва, яка передбачає зведення, реконструкцію або технічне переоснащення споруд із метою використання водних ресурсів для водопостачання, меліорації, судноплавства, риборозведення, отримання електричної енергії, захисту від руйнівної дії водної стихії. У курсі «Технологія та організація водогосподарського будівництва» розглядаються питання з будівельного матеріалознавства; правила проектування, будівництва та реконструкції основ та фундаментів різних споруд, зведених у різних інженерно-геологічних умовах; основи індустріальної технології будівництва в галузі водогосподарських об'єктів та новітні досягнення в цій області.

У розділі «Будівництво закритих напірних трубопроводів» докладно описані усі будівельні процеси, які виконуються під час зведення багатьох водогосподарських споруд. Особливу увагу приділено підготовчим і допоміжним процесам. Тому під час вивчення курсу студенти повинні повторювати викладений матеріал і вибирати необхідний комплект обладнання і механізмів.

Для прийняття оптимальних рішень під час виконання індивідуальної розрахунково-графічної роботи студенти можуть порівняти методи та способи виконання будівельних процесів, які описані у відповідних розділах конспекту. Усі теми у цьому конспекті лекцій розглянуті з урахуванням новітніх матеріалів, механізмів, пристосувань. Проаналізовані традиційні та сучасні технології зведення гідротехнічних споруд водогосподарського призначення.

# 1 БУДІВНИЦТВО ЗАКРИТИХ НАПІРНИХ ТРУБОПРОВОДІВ

Широке розповсюдження у меліоративному будівництві знайшли закриті зрошувальні трубопроводи. ККД трубопроводів значно перевищує ККД каналів – 0,95–0,98, що сприяє економному витрачання води на зрошення, дає можливість впровадження прогресивних способів поливу та його автоматизації.

## 1.1 Підготовчі роботи

Підготовчі роботи на трасах трубопроводів зводяться до розчищення смуги будівництва від чагарників, дерев, пнів, валунів звичайними для цих робіт механізмами. Виносяться в натуру осі трубопроводів та споруд, а також визначаються межі розробки траншей, котлованів, розташування кавальєрів та відвалів (смуга тимчасового відводу земель). По трасі трубопроводу мають бути встановлені покажчики наявності підземних комунікацій, які розкриваються в присутності представників відповідних організацій. Перед початком розробки траншей необхідно зняти рослинний шар (рис. 1.1).

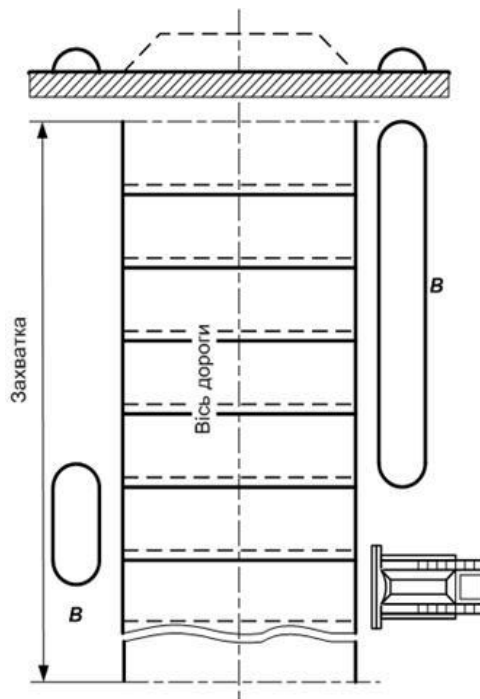


Рисунок 1.1 – Схема зняття рослинного ґрунту поперечним способом:

В – вал рослинного ґрунту

Глибина зняття рослинного шару встановлюється проектом за даними геологічних та ґрунтових вишукувань. Ширина зняття рослинного шару повинна перекривати смугу, на якій безпосередньо розташовані траншея та кавальєр мінерального ґрунту.

## 1.2 Допоміжні роботи

### 1.2.1 Водовідлив та зниження рівня ґрунтових вод

Наявність води у котловані чи траншеї, якщо їхнє дно розташоване нижче рівня ґрунтових вод, не тільки ускладнює виконання земляних робіт, але іноді й унеможлиблює виконання робіт.

*Водовідливи* використовують при незначному припливі ґрунтових вод у котлован або траншею. Для запобігання накопиченню води залежно від величини припливу ґрунтових вод застосовують спосіб відкритого водовідливу. Викачану воду скидають у дощоприймальні колодязі водостічної мережі або у водовідвідні канали (рис. 1.2). Під час цього способу ґрунтову воду, що надходить, видаляють насосами (діафрагмовими або відцентровими) безпосередньо зі приймачів.

Приймачі розміщують у котловані чи траншеї на відстані 20–25 м у ґрунтах, що добре розмиваються, і 20–50 м – у стійкіших ґрунтах. По дну котловану або траншеї влаштовують лоток із дошок і дерев'яні ящики розміром 0,8–1,0 м. Із цих приймачів протягом усього терміну будівництва насосами відкачують воду. Після закінчення будівництва ящики в приймачах замінюють водозбірними колодязями надійнішої конструкції. Ці колодязі розташовують у понижених місцях. Горизонт води у водозбірних колодязях підтримують на 0,4–0,5 м нижче рівня дна котловану або траншеї. Перевагою такого способу водовідливу є простота влаштування робіт. Недоліками відкритого водовідливу є неминучий приплив води у котлован або траншею; розпушення й ослаблення несучої здатності ґрунту внаслідок безперервної фільтрації води; винесення водою ґрунту з бічних стінок котловану або траншеї, що може призвести до обвалу ґрунту; необхідність кріплення бічних стінок.

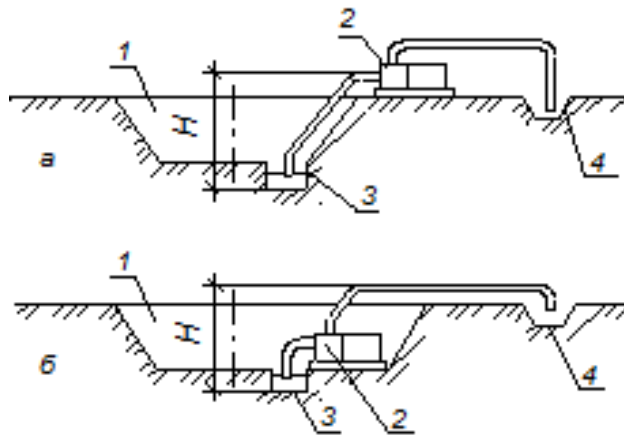


Рисунок 1.2 – Відкритий водовідлив:

а – при малій глибині котловану; б – за великої глибини котловану;

1 – котлован; 2 – насосний агрегат; 3 – прямик; 4 – водовідвідна канавка

У разі, якщо приплив ґрунтових вод значніший, особливо у піщаних ґрунтах, відкритий водовідлив, навіть під час влаштування шпунтових огорож, не забезпечує бажаного результату, тобто проведення робіт у сухих умовах. У цьому разі застосовують різні способи осушення або закріплення ґрунтів. Поширення набули такі способи:

- штучне водозниження рівня ґрунтових вод;
- заморожування ґрунтів;
- хімічне закріплення ґрунтів.

Вибір того чи іншого способу робіт залежить від певних геологічних і гідрогеологічних умов, наявності матеріалів, використовуваних для закріплення ґрунтів або його заморожування, і визначається в кожному окремому випадку з урахуванням техніко-економічного обґрунтування.

Одним із найефективніших способів осушення ґрунтового масиву є штучне водозниження рівня ґрунтових вод за допомогою голкофільтрових установок (рис. 1.3).



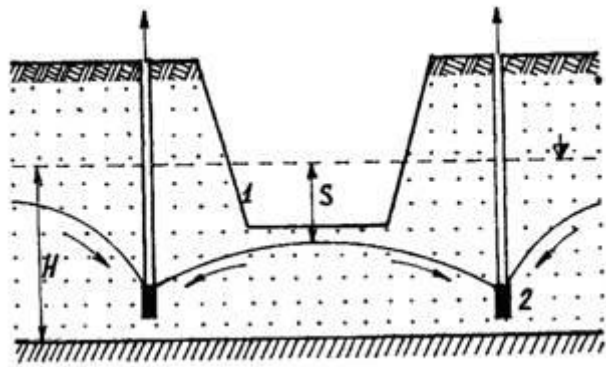


Рисунок 1.3 – Голкофільтровий спосіб зниження рівня ґрунтових вод

1 – будівельний котлован; 2 – голкофільтри

Цей спосіб полягає в тому, що вздовж майбутньої траншеї або котловану у ґрунт занурюють декілька вертикальних голкофільтрів, із яких безперервно протягом будівництва підземних мереж відкачують воду, що надходить.

До того ж по контуру вироблення закладають водознижувальні свердловини, розташовуючи їх на відстані 0,7–1,5 м. Зі свердловини протягом певного часу безперервно відкачують воду, унаслідок чого утворюється депресійна поверхня. Рівень ґрунтових вод розташовується нижче підосви підземної споруди, а отже, виконання робіт проводять в осушеному ґрунтовому масиві. Радіус і глибина депресійної воронки залежать від потужності водоносного шару, коефіцієнта фільтрації та інтенсивності відкачування.

Водознижувальні установки повинні працювати увесь період будівництва, забезпечуючи постійний рівень ґрунтових вод. Штучне зниження ґрунтових вод застосовується для незв'язних ґрунтів із коефіцієнтом фільтрації 0,3–100 м/добу.

### 1.2.2 Забезпечення стійкості стінок виїмок

Розробка траншей та котлованів із вертикальними стінками у ґрунтах природної вологості без кріплення може проводитись на глибині: не більше 1 м – у насипних, піщаних та гравелистих ґрунтах; не більше 1,25 м – у супіщаних та суглинистих ґрунтах; не більше 1,5 м – у глинистих ґрунтах; не більше 2 м – в особливо щільних ґрунтах. Водночас виконання робіт варто проводити негайно після розробки траншей і котлованів. У разі перевищення

зазначених глибин копання траншей і котлованів допускається лише за умови кріплення вертикальних стін або влаштування укосів допустимої крутизни (рис. 1.4).

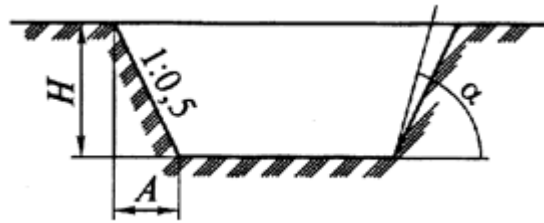


Рисунок 1.4 – Визначення крутості укосу

Найбільша допустима крутість укосів траншей та котлованів у ґрунтах природної вологості повинна визначатися за таблицею 1.1.

Таблиця 1.1 – Максимально допустима крутість укосів траншей та котлованів

Ґрунт	Крутизна укосів при глибині траншей та котлованів, м					
	траншеї		котлованів			
	до 1,5		від 1,5 до 3		від 3 до 5	
	$\alpha$	H/A	$\alpha$	H/A	$\alpha$	H/A
Насипний природної вологості	76°	1 : 0,25	45°	1 : 1,00	38°	1 : 1,25
Піщаний та гравійний вологий, але не насичений	63°	1 : 0,50	45°	1 : 1,00	45°	1 : 1,00
Глинистий природної вологості: – супісь – суглинок – глина	76°	1 : 0,25	56°	1 : 0,67	50°	1 : 0,85
	90°	1 : 0,00	63°	1 : 0,50	53°	1 : 0,75
	90°	1 : 0,00	76°	1 : 0,25	63°	1 : 0,50
Лісоподібний сухий	90°	1 : 0,00	63°	1 : 0,50	63°	1 : 0,50
Примітка 1. $\alpha$ – кут між напрямком укосу та горизонталлю, відношення висоти укосу H до його закладання A.						
Примітка 2. При глибині виїмки понад 5 м крутизна укосу наводиться у проєкті.						

Стінки траншей і котлованів укріплюють зазвичай у процесі зведення. У цьому разі використовують інвентарні дерев'яні або металеві щити та скріплювальні засоби.

Для зміцнення укосів виїмок можна використати тонкі підпірні стінки (рис. 1.5, а), улаштувати захисні покриття із плит та інших матеріалів (рис. 1.5, б), утримувальні пальові конструкції (рис. 1.5, в), пальові шпонки (рис. 1.5, г), анкерні пристрої (рис. 1.5, д, е), а також поверхневе (рис. 1.5, ж) або глибинне зміцнення (рис. 1.5, и).

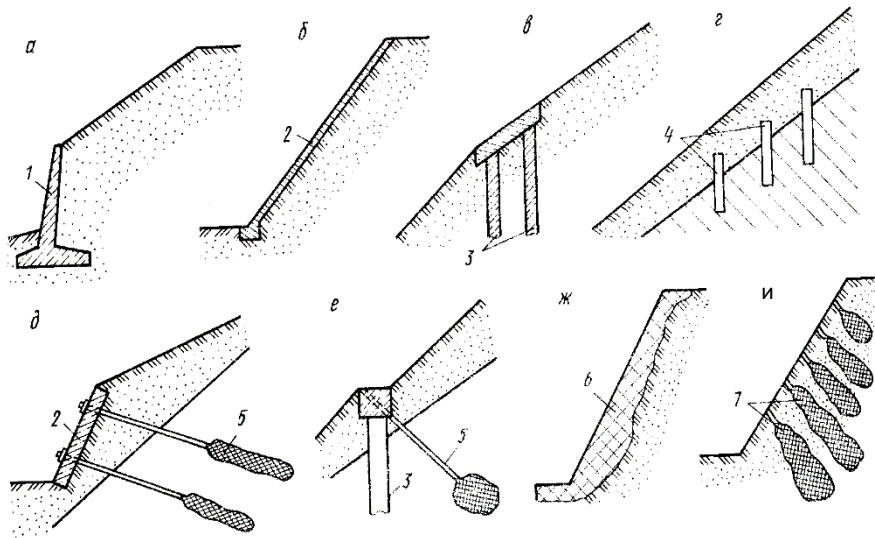


Рисунок 1.5 – Зміцнення укосів виїмок: а – тонкими підпірними стінками; б – захисними покриттями з плит; в – утримувальними пальовими конструкціями; г – пальовими шпонками; д – анкерними пристроями; е – палеанкерною конструкцією; ж – поверхневим закріпленням; и – глибинним закріпленням; 1 – підпірна стінка; 2 – плита; 3 – палі; 4 – шпонка; 5 – анкер; 6 – поверхнєве закріплення; 7 – глибинне закріплення

Залежно від умов виконання робіт і призначення виїмки застосовують різні типи кріплення стін (рис. 1.6–1.8). Кріплення розпірного (горизонтально-рамного) типу найпростіше у виконанні і застосовуються зазвичай для влаштування траншей глибиною до 4 м у сухих чи незначній вологості ґрунтах. Підкісні кріплення застосовують під час укріплення стін широких котлованів, коли неможливо застосувати інші типи укріплення (рис. 1.9). Підкоси встановлюють усередині котловану в разі невеликої глибини в один ряд, а за наявності великої глибини – у два й більше рядів. Недоліком такого кріплення є те, що підкоси ускладнюють виконання подальших робіт у котловані.

Якщо котловани широкі або укріплення перешкоджає виконанню робіт, застосовують анкерні кріплення.

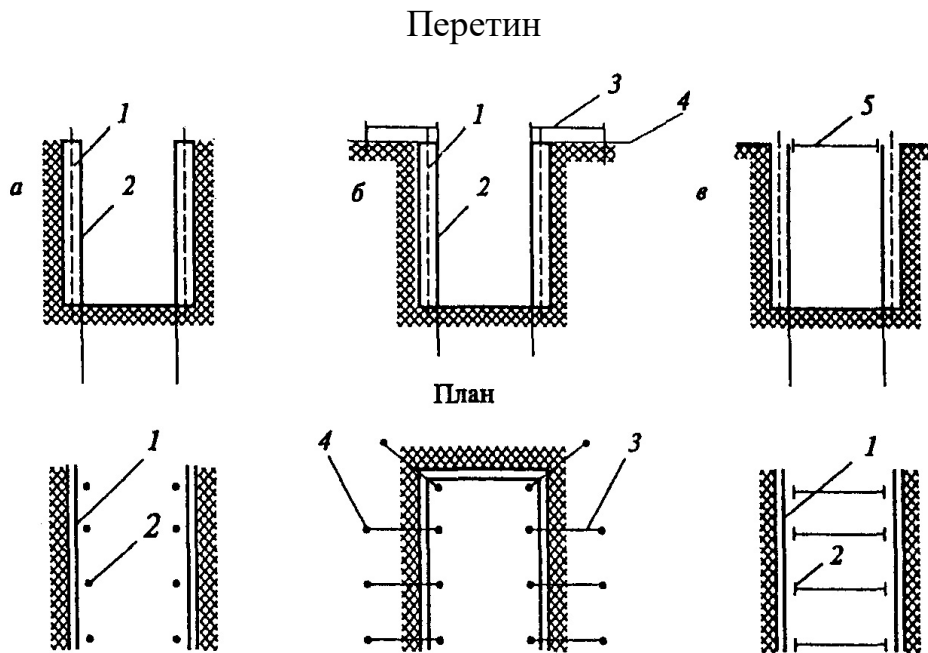


Рисунок 1.6 – Способи укріплення стінок виїмок: а – безрозпірне;  
 б – анкерне; в – консольно-розпірне; 1 – затяжки; 2 – палі; 3 – відтяжки;  
 4 – анкер; 5 – розпірки

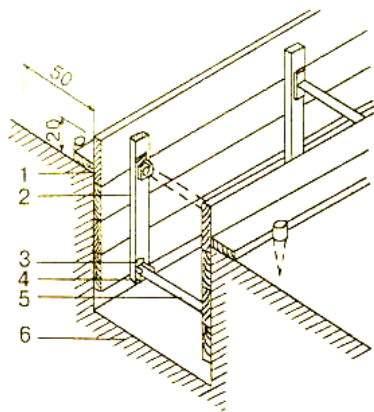


Рисунок 1.7 – Схема улаштування розпірного укріплення стін траншеї:  
 1 – кріплення з дощок; 2 – опорний брус; 3 – клин; 4 – опора;  
 5 – розпірка; 6 – ґрунт

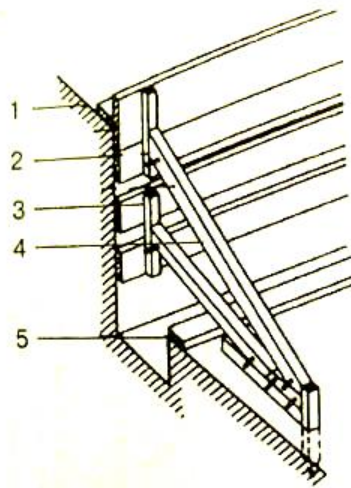


Рисунок 1.8 – Схема улаштування підкісного укріплення стін траншеї:

- 1 – ґрунт; 2 – кріплення з дошок; 3 – опорний брус; 4 – розпірка;  
5 – дошка, що обмежує котлован

Розпірні кріплення застосовують за ширини котловану до 15 м, вони складаються з розпірок, стояків, щитів або шпунтів. Розпірки встановлюють в один або декілька рядів по висоті залежно від глибини виробки.



Рисунок 1.9 – Шпунтово-розпірне обгородження котловану

Закидки розпірних кріплень бувають горизонтальними – суцільними та з прозорами, а також вертикальними. Розпірні кріплення переважно виконують із дерева. Як огорожувальні елементи використовують інвентарні щити. Якщо глибина котловану понад 3,5 м, замість щитів можна використовувати дерев'яну шпунтову стінку, яка заглиблюється в ґрунт на 0,5–0,7 м.

Недоліком розпірного кріплення є те, що розпірки ускладнюють виконання подальших робіт у виїмці.

Консольні кріплення влаштовують для забезпечення вільного простору всередині виїмки в умовах обмеженого простору. Консольні кріплення становлять стінку або опори, нижня частина яких затиснена в ґрунті. Якщо глибина виїмки до 3 м, консольні кріплення виконують із дерев'яного шпунта; до 6 м – із металевого шпунта; до 5 м – із забивних паль; до 10 м – із буронабивних паль і конструкцій, що зводяться способом «стіна в ґрунті».

Якщо глибина котловану понад 8 м, кріплення виконують зі двох рядів буронабивних паль. В окремих випадках (поблизу будівель і споруд, при слабких водонасичених ґрунтах, за великої (понад 5,0 м) глибині котловану) ґрунтові стінки укріплюють до розроблення ґрунту. У цьому разі використовуються шпунтові обгородження (стінка) або стінки з намороженого ґрунту (криогенний спосіб).

Шпунтові обгородження виконують зі сталевих пластин завширшки 200–400 мм і завдовжки 6,0–12,0 м, занурюючи їх по всьому периметру котловану палезанурювальною установкою. По довгому боці елементи шпунта мають ковзне замкове з'єднання, отже після занурення пластин утворюється щільний і стійкий «паркан» за формою майбутнього котловану. Усередині обгородження виконують виїмку ґрунту до проєктної позначки та зводять підземні частину будівлі або споруди до нульової позначки будівлі. Після цього занурений шпунт витягують спеціальним механізмом – «палевисмикувачем».

### 1.2.3 Штучне закріплення ґрунтів

#### *Штучне заморожування ґрунтів*

Штучне заморожування ґрунтів застосовують у різноманітних інженерно-геологічних умовах за наявності пластів водоносних ґрунтів із коефіцієнтом фільтрації не більше ніж 10 м/добу, а також у тріщинуватих скельних ґрунтах, що залягають під товщею нестійких водоносних ґрунтів, із припливом підземних вод понад 50 м<sup>3</sup>/год (рис. 1.10).

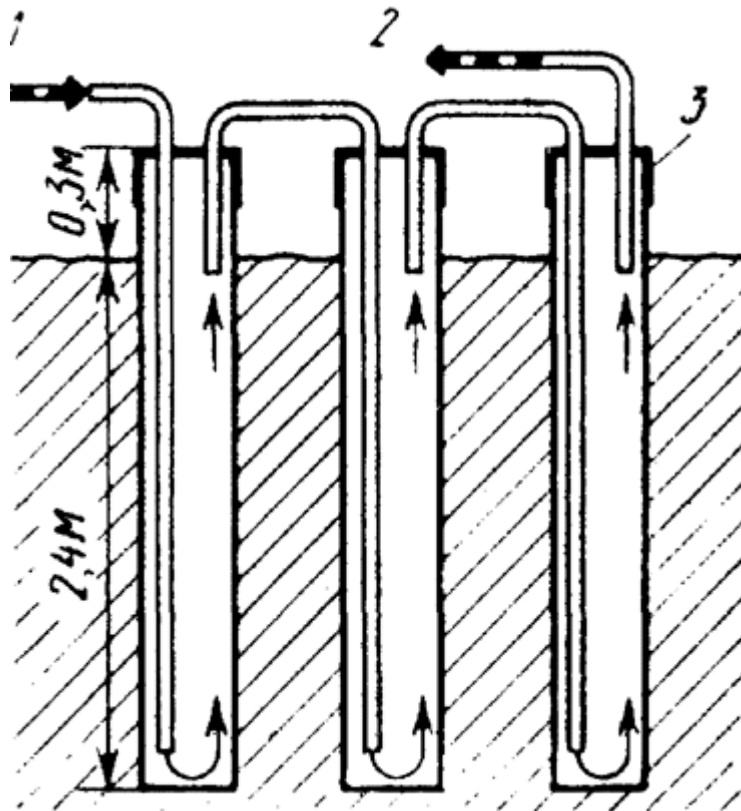


Рисунок 1.10 – Штучне заморожування ґрунтів:

- 1 – підвідна трубка; 2 – трубка для відведення азоту, що випарувався;
- 3 – сталевий оголовок колонки, що заморожує

Застосовують два способи штучного заморожування ґрунтів – розсольний та безрозсольний.

Сутність *розсольного способу* полягає у тому, що по контуру майбутньої підземної споруди пробурюють вертикальні похилі або горизонтальні

заморожувальні свердловини діаметром 120–150 мм, розташовуючи їх на відстані 0,8–1,5 м. У свердловинах розміщують колонки діаметром 114 мм і живильні трубки діаметром 25–37 мм, по яких циркулює охолоджений до 253–248 К розсіл – розчин хлористого кальцію ( $\text{CaCl}_2$ ). Іноді у вигляді холодоносія використовують розчин хлористого натрію, вуглекислоту, фреон-30. Вода у порах ґрунту навколо свердловин поступово замерзає та утворює льодогрунтові циліндри радіусом 1–1,5 м. Іноді вони з'єднуються між собою, створюючи суцільну щільну й водонепроникну мерзлотну завісу, під захистом якої проводять роботи з проходження підземної виробки.

Розсольний спосіб заморожування ґрунтів потребує застосування складного обладнання та не завжди забезпечує суцільність крижаного загородження. Процес заморожування тривалий.

*Безрозсольний спосіб* базується на отриманні холоду за допомогою випаровування зріджених газів безпосередньо в заморожуваних свердловинах. Разом із тим як носій холоду використовують рідкий азот, пропан, фреон, аміак. Застосовуючи рідкий азот, який має температуру 77 К, можна в декілька разів скоротити час заморожування й зменшити товщину крижаного шару.

У разі застосування безрозсольного способу не потрібно використовувати спеціальний холодоносій, скорочується час заморожування, гарантується пожежна безпека. Серед недоліків варто виокремити значну витрату азоту (300–1 200 кг/м<sup>3</sup> ґрунту) і високу вартість робіт, тому цей спосіб застосовують тільки в разі швидкої ліквідації раптового прориву води в підземних виробках.

Перед заморожуванням бурять свердловини, потім монтують трубопроводи та холодильні установки. Для буріння свердловин застосовують бурові верстати. Відхилення від проєктного положення вертикальних свердловин не повинно перевищувати 1 %.

У разі застосування розсольного способу заморожувальні розсоли виробляють на стаціонарних станціях, до складу яких входять компресор, конденсатор, випарник, регульовальний вентиль, насосне обладнання, система трубопроводів і пускорегульовальна апаратура.



## *Хімічні методи закріплення ґрунтів*

Під час виконання земляних робіт виникають ситуації, коли необхідно закріпити слабкі ґрунти від розмивання водою, запобігти сповзанню ґрунтів, забезпечити міцність і водонерозчинність ґрунту.

Для захисту від нерівномірного осідання широко використовують різні способи хімічного закріплення ґрунтів: цементація, глинізація, бітумізація, силікатизація, смолизація та електрохімічні способи.

*Цементація ґрунтів* як спосіб передбачає заповнення пустот, тріщин, великих пор у великоуламкових ґрунтах цементним або цементно-глинястим розчином, що з часом призводять до утворення твердого цементного або цементно-глинястого каменю.

Унаслідок застосування цементувальних розчинів підвищується несуча здатність основи. Для цементації можна використовувати цементні, цементно-піщані або цементно-глинясті розчини.

Для кожного випадку необхідно вибирати склад розчину, водоцементне співвідношення, яке може змінюватися від 1 до 0,4. Водоцементні розчини повинні мати такі характеристики:

- рухливість розчину по конусу – 10–14 см;
- водовідділення протягом 2 год – 0–2 %;
- міцність під час стиснення  $R_{ст}$  у віці 28 діб – 1–2 МПа;
- вихідна щільність розчинів – 1,6–1,85 г/см<sup>3</sup>.

Цементно-глинясті розчини не розшаровуються, водостійкі, не розмиваються водою в період тверднення (рис. 1.11). Міцність тампонажного розчину досягає 1,5–3 МПа.

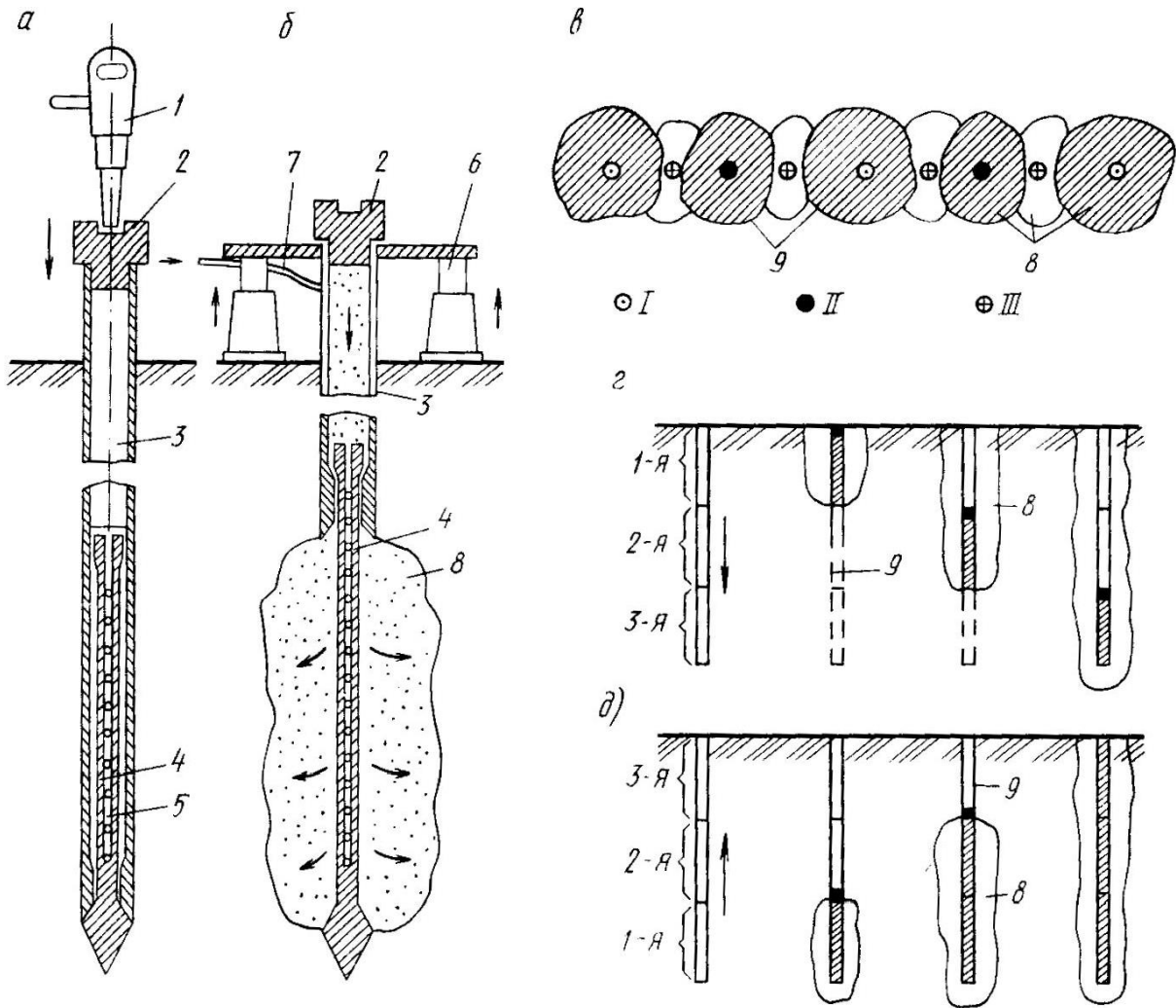


Рисунок 1.11 – Цементация основ:

а – занурення ін'єктора; б – нагнітання розчину; в – послідовність нагнітання розчину під час влаштування протифільтраційної завіси; г – схема цементації

низхідними зонами; д – схема цементації висхідними зонами;

1 – відбійний молоток; 2 – оголовок; 3 – труба-подовжувач; 4 – перфорована частина з вістрям; 5 – труба-кожух; 6 – домкрати; 7 – розчинопровід; 8 – зона цементації; 9 – I, II і III свердловини 1-ї, 2-ї і 3-ї черги; 1-ша, 2-га і 3-тя – зони цементації по висоті

*Глинизація.* Окрім цементації, застосовують тампонажний розчин у вигляді чистих глинястих розчинів, якими заповнюють карстові порожнини сухих порід. Через пробурені свердловини порожнини заповнюють глинястими розчинами, ці порожнини заповнюють протягом декількох діб під гідравлічним тиском.

Застосовують глинясті розчини щільністю 1,2–1,3 г/см<sup>3</sup>, створюючи тиск понад 2 МПа. Вода з глинястих розчинів вичавлюється, обезводнене глинясте тісто щільно заповнює порожнини й забезпечує водонепроникність породи. Для вичавлювання з глинястих розчинів води іноді використовують насоси, що працюють під тиском. Успішне закріплення глинястими розчинами обумовлюється властивостями глини та рецептур. Краще закріплюються гравелисті тріщинуваті ґрунти ( $K_{\phi} = 50\text{--}500$  м/добу).

*Бітумізація.* Для закріплення тріщинуватих скельних і напівскельних порід застосовують спосіб гарячої бітумізації.

Цей спосіб полягає в нагнітанні через пробурені свердловини розплавленого бітуму, який обволікає породу, остигає та забезпечує водонепроникність ґрунту. Унаслідок слабкої теплопровідності бітум охолоджується повільно. Радіус бітумізації коливається в межах 0,75–1,5 м. Під час використання цього способу бітум не може заповнити тріщини з розкриттям менше 1 мм.

Просідання охололого бітуму становить до 12 %, що знижує водонепроникність. Для збільшення водонепроникності піщаних ґрунтів розроблено спосіб холодної бітумізації із застосуванням бітумних емульсій. Під час його застосування частинки бітумної емульсії можуть потрапляти в пори ґрунту, якщо їхній діаметр у 25–35 разів менший за середній розмір частинок ґрунту.

*Силікатизація.* Метод полягає у нагнітанні під тиском через металеву перфоровану трубу різних силікатних розчинів і затверджувачів (наприклад хлористого кальцію). Унаслідок хімічної реакції між ґрунтом, силікатними розчинами та затверджувачем у порах ґрунту утворюється гідрогель кремнієвої

кислоти, і ґрунт швидко й міцно закріплюється. Закріплений ґрунт важко водонепроникний. Відомо декілька способів силікатизації: однорозчинна, газова, електросилікатизація.

Силікатизація базується на введенні у ґрунт гелеутворювального розчину, що складається з двох або трьох компонентів, в'язкість яких близька до в'язкості води з уповільненим (заздалегідь заданим) періодом гелеутворення. За допомогою цих властивостей розчин може закріплювати дрібні піски з коефіцієнтом фільтрації 0,5–5 м/добу, надаючи їм незначної механічної міцності (0,2–0,3 МПа) і практичної водонепроникності. Спосіб передбачає використання різних рецептур закріплювальних розчинів, а саме:

- силікатно-фосфорнокисла;
- силікатно-алюмосірчанокисла;
- силікатно-фтористосірчанокисла;
- алюмосилікатна.

*Газова силікатизація* базується на застосуванні як затверджувача силікату натрію вуглекислого газу  $\text{CO}_2$ . Відомі два варіанти цього способу:

- без попереднього оброблення ґрунту вуглекислим газом;
- із попереднім обробленням.

За першим варіантом ґрунт закріплюється за такою схемою: ґрунт + розчин силікату натрію +  $\text{CO}_2$ ; за другим способом –  $\text{CO}_2$  + ґрунт + розчин силікату натрію +  $\text{CO}_2$ . Останній варіант оптимальніший, оскільки забезпечує більшу міцність (до 2,0 МПа) і в 150–500 разів знижує водонепроникність ґрунту. Газова силікатизація – ефективний та універсальний спосіб, який дає змогу закріплювати піщані ґрунти з різним ступенем вологості, безкарбонатні, карбонатні й загіпсовані ґрунти з коефіцієнтом фільтрації 0,1–0,2 м/добу.

*Електросилікатизація* призначена для закріплення перезволожених дрібнозернистих пісків і супісків із коефіцієнтом фільтрації менше ніж 0,2 м/добу.

Вона базується на поєднанні двох методів впливу на ґрунт – силікатизації та електричного оброблення. Полягає спосіб у нагнітанні у ґрунт

під тиском через ін'єктори закріплювальних силікатних розчинів з одночасним подаванням до ін'єкторів, що є провідниками електричного струму. Унаслідок такого комплексного впливу на ґрунт у ньому прискорюється переміщення розчинів, відбувається зневоднення та агрегація ґрунту й утворення гелю кремнієвої кислоти, що призводить до збільшення водостійкості й міцності ґрунту ( $R_{ст} = 0,5-0,8$  МПа).

У сфері хімічного закріплення ґрунтів велике значення має розроблення рецептур тампонажних розчинів, призначених для закріплення піщаних і піщано-гравелистих порід.

Для добре проникливих ґрунтів ( $K_{ф} = 80-500$  м/добу) розроблено рецептуру цементно-глинястих розчинів. Ці розчини порівняно легко перекачуються насосами, не розшаровуються та забезпечують стовідсоткову водонепроникність. Для піщаних ґрунтів виготовляють глино-силікатні розчини, тобто розчини високодисперсних глин із незначною домішкою силікату натрію.

Піщаний ґрунт, закріплений такими розчинами, набуває водостійкості, водонепроникності й незначної міцності. Останнім часом у зв'язку зі швидким розвитком хімічної промисловості стало можливим використовувати для закріплення ґрунтів високомолекулярні органічні сполуки – синтетичні смоли.

*Смолизація.* Синтетичні смоли, що випускаються хімічною промисловістю, достатньо різноманітні. Смоли, які можуть бути використані для закріплення ґрунтів, повинні мати незначну в'язкість і полімеризуватися в порах ґрунту за температури 4–10 °С. До таких смол належать сечовино-формальдегідні, карбамідні, фенольні, фуренові, акрилові, епоксидні тощо. Як затверджувач для таких смол використовується соляна або сірчана кислота, проте вартість смол надзвичайно висока. Сечовино-формальдегідні смоли за своєю ціною цілком доступні. Ці смоли добре розчиняються у воді, мають незначну в'язкість, тверднуть за невисокої температури. Спосіб смолизації теж полягає в нагнітанні гелеутворювальних розчинів, що складаються з розчину смоли та затверджувача у вигляді соляної або щавлевої кислоти. Спосіб

забезпечує міцне закріплення, надає ґрунтам міцності до 4–5 МПа і водонепроникності.

Спосіб смолизації використовується для закріплення дрібних пісків із  $K_f = 0,5–2,5$  м/добу. У ґрунт під тиском вводять розчин смоли (карбамідної, фенолформальдегідної), а потім затверджувач (кислоту, кислі солі тощо). Через певний час унаслідок взаємодії смоли із затверджувачем розпочинається процес полімеризації смоли, який має три стадії:

- 1) розчин втрачає первісну в'язкість і починає густішати;
- 2) розчин переходить у желеподібний стан;
- 3) розчин перетворюється на тверду речовину.

Ґрунт стає водонепроникним, його міцність сягає 5,0 МПа.

За кордоном для глибинного закріплення ґрунтів останнім часом застосовують полімерні матеріали на базі акриламідів. У нашій країні поширення набули сечовино-формальдегідні смоли, оскільки вони найдешевші, добре змішуються з водою в будь-яких співвідношеннях, утворюючи під час цього розчини із малою в'язкістю. У разі введення затверджувача смоли здатні повільно полімеризуватися й закріплювати ґрунт.

Під час закріплення ґрунту карбамідними смолами як затверджувач використовують соляну кислоту. Проблема закріплення карбонатних ґрунтів була вирішена шляхом використання для затвердіння карбамідної смоли щавелевої кислоти. Розроблено два варіанти закріплення карбонатних пісків карбамідними смолами: без попереднього оброблення ґрунтів розчинами щавелевої кислоти та з попереднім обробленням щавелевою кислотою 2–4 % -ї концентрації.

Отже у наш час перевага надається хімічному закріпленню ґрунтів із використанням силікату натрію та синтетичних смол із такими затверджувачами, як хлористий кальцій, сірчаноокислий алюмініат, хлористе залізо, хлористий амоніт, алюмініат натрію, сірчаноокислий алюміній, фосфорна, сірчана, соляна, щавелева, кремнієфтористоводнева кислоти й вуглекислий газ.

### Нагнітання закріплювальних розчинів (ін'єкційний процес)

Хімічний процес закріплення ґрунтів полягає в нагнітанні одного або двох хімічних розчинів у ґрунт. Розчини в ґрунт нагнітаються через систему занурених у нього ін'єкторів або пробурені свердловини (рис. 1.12).

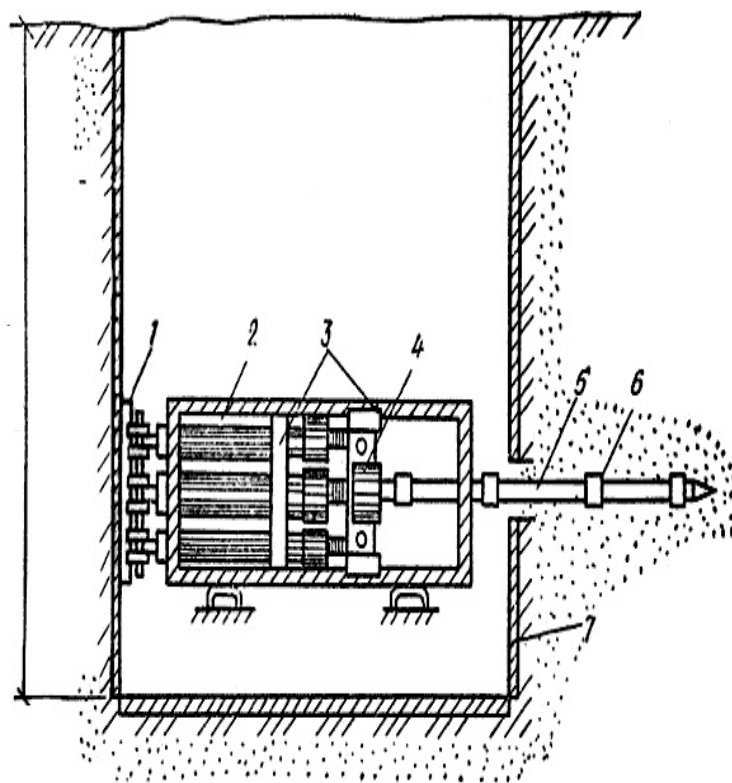


Рисунок 1.12 – Схема гідравлічного задавлювання манжетно-тампонних ін'єкторів із технологічних вироблень під час силікатизації та смолизації ґрунтів за горизонтальною технологією (вигляд збоку):

- 1 – упорна плита; 2 – гідравлічні циліндри; 3 – сталева рама; 4 – рухома каретка;  
5 – ін'єкторні перфоровані труби; 6 – гумові кільця з проколами;  
7 – кріплення стінок вироблення

Хімічні розчини, поширюючись у ґрунті, не тільки заповнюють пори між його частинками, а й, стикаючись із поверхнею частинок, вступають із ними у хімічну реакцію. Особливо активна взаємодія відбувається в кварцових пісках під час закріплення їх способами силікатизації.

Під час хімічного закріплення кожна з частинок ґрунту вкривається шаром цементувальної речовини (кремнієвого геля). Унаслідок цього прилеглі

частинки міцно скріплюються одна з одною, утворюючи жорсткий скелет, здатний витримати велике навантаження. Радіус закріплення залежно від коефіцієнта фільтрації ґрунту становить 0,3–1,0 м відповідно при  $K_f$  від 2–5 м/добу до 50–80 м/добу відповідно. У плані відстань між ін'єкторами приймають меншою за два радіуси. Ін'єктори розміщують у шаховому порядку.

Для отримання монолітно закріпленого масиву розчини потрібно нагнітати за температури ґрунту в зоні закріплення не нижче  $+1\text{ }^\circ\text{C}$  та нагріваючи їх до  $60\text{ }^\circ\text{C}$ .

Ін'єктор після нагнітання силікатних розчинів необхідно промити п'ятьма літрами води. Під час газової силікатизації нагнітання проводять у такій послідовності: вуглекислий газ, силікатний розчин, вуглекислий газ. Вуглекислий газ нагнітають через знижений редуктор. Проміжок часу між нагнітанням розчину й газу не повинен перевищувати 0,5–1 год, а між нагнітанням газу й розчину – не менше 0,5 год.

Для встановлення граничного тиску нагнітання проводять пробне закачування в ґрунт. Саме нагнітання здійснюють під час тисків, менших за граничне, щоб уникнути розривів. Тиск під час дворозчинної силікатизації становить 1,5 МПа, під час силікатизації та смолизації – 1,0 МПа. Нагнітання розчинів у разі використання способу смолизації з попереднім обробленням ґрунту кислотою проводять у такій послідовності: спочатку вводять розчин кислоти, потім невелику кількість води (20–30 л) на заходку, а після цього гелеутворювальний розчин смоли. Перерва між нагнітанням кислоти й розчинів смоли не повинна перевищувати одну годину. Що глибшим є нагнітання розчинів, то вище піднімається тиск. Наприклад, на глибині 12 м воно може становити 0,06–0,6 МПа, а у верхніх зонах – 0,04–0,05 МПа.

Розчин необхідно нагнітати зверху вниз. Ін'єктори забивають на глибину до 20 м за допомогою відбійних молотків. Для заглиблення ін'єкторів використовують гідропневматичні механізми – бурильний верстат із пневмоударником або копрові установки. Можна використовувати гідравлічні спарені домкрати вантажопідйомністю 10 т.



*Нагнітання у ґрунт хімічних розчинів* проводиться за допомогою насосів, які повинні задовольняти таким вимогам:

- мати регульовану подачу від 5 л/хв до 20 л/хв;
- забезпечувати тиск до 2 МПа;
- мати деталі й вузли, які не піддаються корозії.

### **1.3 Ущільнення ґрунтів**

Ущільнення застосовують для забезпечення необхідної міцності ґрунтів. Технології ущільнення передбачають вибір типів котків і визначення ефективних режимів ущільнення – вологості ґрунту, товщини шарів, кількості проходу котків.

Ущільнення – одна з найвідповідальніших технологічних операцій зі зведення насипу. Якість ущільнення визначає стійкість ґрунтової основи та значною мірою міцність і довговічність земляного полотна.

Дослідженнями встановлено, що вирішальним є вплив вологості на ефективність ущільнення, тобто на величину максимальної щільності й на роботу, витрачену на ущільнення. Отже, для забезпечення максимальної щільності ґрунт необхідно ущільнювати при оптимальній вологості.

У будівництві застосовують такі методи ущільнення ґрунтів:

- укочування;
- трамбування;
- віброущільнення;
- комплексний метод (ґрунт одночасно укочується й вібрується).

Останній метод, як найефективніший і економічніший, більше застосовується.

Найпоширенішим є метод укочування ґрунтів. Для укочування застосовують котки на пневматичних шинах, гладковальцьові і кулачкові.

Найрозповсюдженішими є котки на пневматичних шинах (рис. 1.13). Вони рекомендуються насамперед для ущільнення ґрунтів, оскільки забезпечують кращу якість ущільнення й високу продуктивність. Робочим органом цих котків є пневматична шина. Жорсткість шини зазвичай обумовлюється тиском стисненого повітря й жорсткістю покриття. Визначальним є тиск стисненого повітря. У процесі навантаження шина деформується. Площа відбитка пневматичного колеса значно більша за площу відбитка жорстко-барабанних котків, тому вплив на ґрунт пневматичних шин має тривати довше, ніж гладковальцьових, а питомий тиск по сліду котка – менше. Їх використовують для укочування товстих шарів із різко вираженими в'язкими властивостями (зв'язкових ґрунтів), для яких час впливу котка відіграє значну роль.



Рисунок 1.13 – Котки на пневматичних шинах

Під час ущільнення ґрунтів, вологість яких менша оптимальної, необхідно зменшувати товщину шару й збільшувати кількість проходів котка для отримання необхідної щільності ґрунту. Ущільнення ґрунтів, вологість яких перевищує оптимальну, не призводить до необхідного ступеня ущільнення. У цьому разі вживають заходів до прискорення просушування

грунту шляхом його розпушування, перевалювання грейдерами, введення цементу, гіпсу, вапна, золи, піщаних ґрунтів та інших домішок.

Кулачкові котки призначені переважно для ущільнення зв'язних і малозв'язних ґрунтів (рис. 1.14). У разі однакової маси зі гладковальцьовими котками вони забезпечують удвічі більшу глибину ущільнення, однак дещо розпушують верх шару, не придатні для роботи зі перезволоженими ґрунтами. Ефект роботи кулачкових котків збільшується у разі одночасного застосування з котками на пневматичних шинах.



Рисунок 1.14 – Кулачкові котки

Гладковальцьові котки найбільше підходять для зв'язних і малозв'язних ґрунтів. Ущільнюють шари не більше ніж на 20 см.

*Вібраційне ущільнення ґрунтів* – дуже складний процес. На загальне ущільнювальне зусилля впливає більш ніж тридцять факторів. Необхідно враховувати такі характеристики ґрунту, як розмір і твердість частинок, текстура, початкову щільність, вміст вологи, товщину шару, ступінь ущільнення підстильного шару. Конструкція котка також має значення для динаміки ущільнення. Впливають розмір рами, робоча вага, колісна база, розподіл маси на передній і задній вальці. Виробники повинні також правильно обрати діаметр і ширину вальця, амортизатори, масу ексцентриків і їхнє

розташування щодо осі вальця. Оператору під час роботи необхідно контролювати амплітуду, частоту й швидкість руху котка. Використання систем автоматичного регулювання швидкості для забезпечення балансу між швидкістю та частотою може сприяти досягненню рівномірного ущільнення. Метою вібраційного ущільнення є забезпечення максимального впливу сил на матеріал. Це можливо за умови, що всі складники «працюють» із повною віддачою.

Вібраційне ущільнення призводить до більшої щільності й більшого глибинного ефекту порівняно із статичним, а заданого ущільнення досягають за меншу кількість проходів. Під час роботи віброкотка ґрунт ущільнюється нерівномірно – ступінь ущільнення змінюється залежно від глибини. Прилеглий до поверхні ґрунт ущільнюється менше, середній шар – максимально, а ґрунт, що залягає нижче, теж менше. Змінюючи робочі параметри, можна змінити глибину зони максимального ущільнення, але ґрунт так само буде ущільнюватися нерівномірно. Для ущільнення зв'язних глинястих ґрунтів застосовують вальці з кулачками прямокутної або овальної форми. Щоб кулачки використовувалися тільки в разі потреби (на кам'яних ґрунтах вони не потрібні), на гладкий валець надягають кулачковий бандаж, який можна змонтувати в польових умовах – це займе не більше двох годин. Найдорожчим способом ущільнення ґрунтів є трамбування, яке ще є й універсальним.

Вібраційні й вібротрамбувальні машини за показниками займають проміжне місце стосовно котків і трамбувальних механізмів (рис. 1.15). Збільшення ущільнювального шару обумовлюється підвищенням ваги машин, до того ж ця вага збільшується прямо пропорційно квадрату товщини шару, що ущільнюється. Це стосується будь-яких ґрунтоущільнювальних машин.

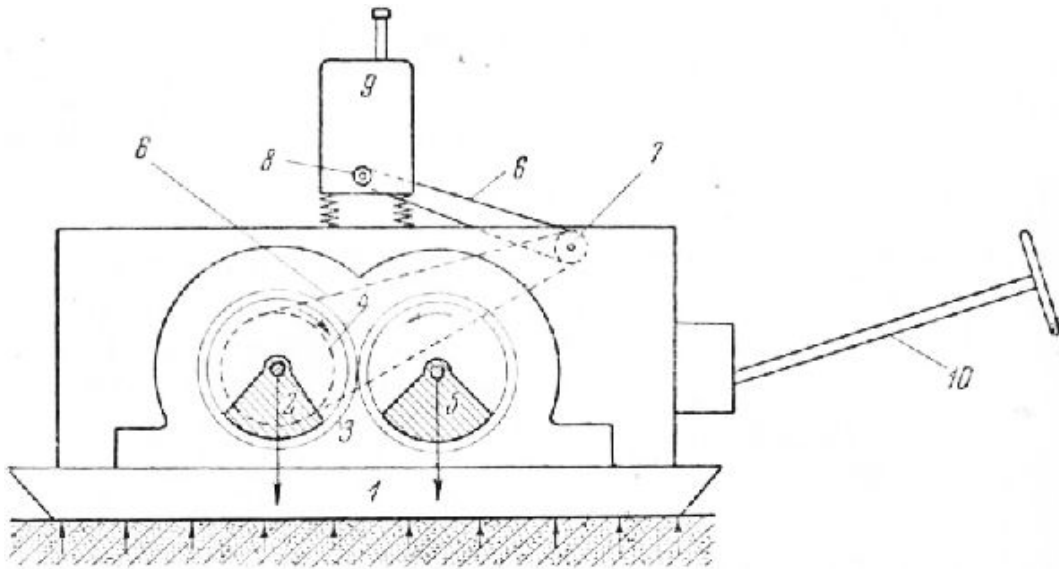


Рисунок 1.15 – Вібраційні машини:

1 – плита; 2 і 5 – дебалансні вантажі;

3 – шестерна передача; 6 – ланцюг; 4 7 і 8 – зірочки; 9 – двигун;

10 – рукоятка управління



Рисунок 1.16 – Використання підвісної (до крана) віброплити  
для ущільнення ґрунту

Віброплити використовують для ущільнення незв'язних і малозв'язних ґрунтів. За конструкцією вони складаються з ущільнювальної плити з вібробуджувачем і підмоторної рами з двигуном, на якій закріплено держак

управління або кранову підвіску. Самопересувні легкі й важкі віброплити використовуються під час зворотного засипання пазух і траншей для ущільнення шару незв'язного ґрунту завтовшки 20–60 см. Підвісні (до крана) віброплити (масою 1–2,7 т) застосовують для ущільнення зв'язних і незв'язних ґрунтів (товщина шару – 50–80 см) (рис. 1.16).

Робота віброударних машин базується на поєднанні вібраційного й ударного режимів, що сприяє збільшенню їхніх ущільнювальних властивостей. Самопересувні, із дистанційним управлінням вібротрамбівки (маса 0,1–0,35 т, розмір плити 400 мм × 400 мм – 600 мм × 800 мм) доцільно використовувати для ущільнення зв'язних ґрунтів, якщо товщина ущільнювального шару до 0,3 м у важкодоступних місцях. Підвісні вібротрамбівки (маса 2,6 т, розмір плити 800 мм × 800 мм) ущільнюють ґрунти так: зв'язні – при товщині шару до 0,6 м, незв'язні – до 0,8 м. Управління трамбівкою здійснюється з кабіни крана.

Глибинне ущільнення за допомогою віброударної установки ефективно для водонасичених середньо- й дрібнозернистих пісків при глибині 2,5–6 м. Установка занурюється й витягується з ґрунту за допомогою віброзанурювача та крана. Ущільнення піску відбувається на площі діаметром 4–5 м.

Ущільнення ґрунту методом трамбування здійснюється за допомогою трамбувальної машини, навісних плит і механічних трамбівок. Цей метод раціональний для ущільнення зв'язних і незв'язних ґрунтів, зокрема великоуламкових, а також сухих грудкуватих глин.

За допомогою трамбувальної машини під час влаштування різних основ ущільнюються ґрунти з товщиною шару до 1,2 м. Ущільнення здійснюється проходками завширшки 2,6 м, утворюваних послідовними ударами двох плит масою 1,3 т, що опускаються на ґрунт.

Глибина ущільнення ґрунту у разі використання навісних трамбувальних плит залежить від діаметра й маси трамбувального органа (рис. 1.17).



Рисунок 1.17 – Використання навісних трамбувальних плит для ущільнення ґрунту

Вільно підвішені плити піднімають на висоту 1–2 м, і під час падіння вони за декілька ударів ущільнюють ґрунт. Трамбування важкими плитами з діаметром основи 1–1,6 м і масою 2,5–4,5 т забезпечує ущільнення шару завтовшки 120–160 см для зв'язного і 140–180 см – для незв'язного ґрунту. Ущільнення проводять смугами завширшки 0,9 діаметра трамбувального органа з перекриттям суміжних слідів на 0,5 діаметра.

Для ущільнення ґрунтів в умовах обмеженого простору ефективними можуть бути такі навісні засоби, як гідравлічні та пневматичні молоти з ущільнювальними плитами. Товщина шару, що ущільнюється, відповідно до типу молота для зв'язних ґрунтів становитиме 25–70 см і 25–40 см, для незв'язних – 30–80 см і 30–50 см. Із цією ж метою успішно використовуються пневмопробійники та верстати ударно-канатного буріння. Утворені під час ущільнення свердловини необхідно засипати місцевим ґрунтом шарами завтовшки до 1 м, ущільнюючи. Унаслідок цього навколо свердловини утвориться зона ущільненого ґрунту, розмір якої становитиме 2,5–3 діаметра свердловини.

Для ущільнення ґрунту в обмежених і незручних місцях під час засипання траншей, ям і котлованів як механічні трамбівки з ручним керуванням

використовуються самопересувні електро- й пневмотрамбівки (рис. 1.18). Електротрамбівки масою 18–180 кг ущільнюють незв'язні ґрунти з товщиною шару 0,15–0,5 м, масою 80–180 кг – зв'язні ґрунти зі товщиною шару 0,3–0,4 м.



Рисунок 1.18 – Використання трамбовок із ручним керуванням

У разі застосування комбінованого методу ущільнення ґрунту використовують різні засоби ущільнення залежно від умов роботи.

Головними правилами ущільнення ґрунтів є:

- виконання ущільнення після відсипання для унеможливлення висихання ґрунту;
- рівномірне ущільнення ґрунту по всій ширині ущільнювальної ділянки з перекриттям сліду (на 20–30 см) попереднього проходження машин;
- припинення робіт з ущільнення під час інтенсивних короткочасних опадів у вигляді дощу;
- не допускається зведення насипу «у заділ» для природного осадження без ущільнення;
- для ефективного ущільнення ґрунт необхідно відсипати шарами рівномірної товщини;



– товщина шару, що ущільнюється, має відповідати потужності ущільнювальної машини. У разі необхідності отримати коефіцієнт ущільнення ґрунту понад 0,98–1,0 доцільно зменшити товщину ущільнювального шару на 5–10 % або збільшити кількість проходок котка;

– необхідна кількість проходок по одному сліду залежно від необхідної щільності ґрунту визначається методом пробного укочування.

– під час використання причіпних і напівпричіпних котків на пневмошинах перевагу необхідно надавати коткам із регульованим тиском у шинах, оскільки ефективність ущільнення обумовлюється розмірами контакту шини при максимально допустимому навантаженні ґрунту і величини тиску стиснутого повітря у шинах;

– для отримання необхідної щільності ґрунту статичний тиск віброударних машин має становити 300–400 кгс/м<sup>2</sup> для перезвожених пісків і 600–1000 кгс/м<sup>2</sup> для пісків з оптимальною вологістю; 1500–2000 кгс/м<sup>2</sup> для супіщаних ґрунтів при оптимальній вологості; 2500–3000 кгс/м<sup>2</sup> для важких супісків при оптимальній вологості;

– віброударні машини ущільнюють ґрунт за один прохід до  $K_{уш} = 0,95$ , якщо щільність більша, проходок має бути дві-три;

– скрепери під час виконання земляних робіт ущільнюють ґрунт до  $K_{уш} = 0,9$ , бульдозери – до  $K_{уш} = 0,75–0,76$ ;

– під час виконання земляних робіт із використанням автотранспорту кількість проходок котка може бути зменшена у 2–2,5 рази;

– великоуламкові й скельні ґрунти необхідно ущільнювати за допомогою важких механізмів. У разі обмеженого фронту робіт, а також за умови обмеження простору ґрунт ущільнюється пневмо- або електротрамбівками, незв'язні ґрунти – віброущільнювачами;

– для ущільнення зв'язних ґрунтів доцільніше застосовувати кулачкові або ґратчасті котки, поєднуючи їх із котками на пневмошинах;

– причіпні й напівпричіпні котки ущільнюють ґрунт, послідовно його проходячи. У процесі будівництва повороти котків наприкінці ділянок

труднощів не становлять. Ущільнення розпочинають від країв ділянки, щоб не сповзли укоси, якщо такі є, краї вальців або коліс котків не повинні розміщуватися ближче, ніж за 0,3 м від брівки. Перекриття смуги ущільнення попередньої проходки під час наступних проходок становить 0,2–0,3 м. Після того, як вся ширина ділянки буде повністю перекрита проходками котка, процес повторюють доти, доки кількість проходів по одному сліду не буде відповідати запланованому для досягнення необхідної щільності ґрунту.

#### **1.4 Розробка траншей під трубопроводи**

Розробку ґрунту в траншеях ведуть відповідно до розмірів, що наведено в проєкті. За відсутності в проєкті таких даних керуються вказівками, наведеними у ДБН А.3.1-33-2.4-01-99. Глибина траншеї призначається з урахуванням зовнішнього діаметра та глибини промерзання ґрунту.

Ширина траншей приймається залежно від діаметра, матеріалу, способу вкладання труб. Найменша ширина дна траншей при їх розробці в піщаних та супіщаних ґрунтах землерийними машинами циклічної дії повинна перевищувати ширину ріжучої крайки робочого органа на 0,15 м, а при розробці в глинистих та суглиннистих ґрунтах – на 0,1 м.

Траншеї варто розробляти окремими ділянками у найкоротші терміни, пов'язані з загальним плином робіт із прокладання трубопроводів. Відкриті траншеї необхідно захищати від поверхневих та ґрунтових вод, а у разі їхнього потраплення в траншею, своєчасно видаляти. Розробка траншей починається з понижених місць. Вийнятий ґрунт бажано складати в односторонні кавальєри, щоб не створювати складнощів під час монтажу труб. Відставання вкладання труб від розробки траншей не повинно перевищувати трьох днів влітку та одного – взимку. Для розробки траншей варто застосовувати землерийні машини безперервної дії (рис. 1.19). Наприклад, шнеко-роторні екскаватори для розробки траншей з укосами, роторні, стрічкові, а також ланцюгові екскаватори, якщо дозволяють фізико-механічні властивості ґрунтів, для розробки траншей з вертикальними стінками.

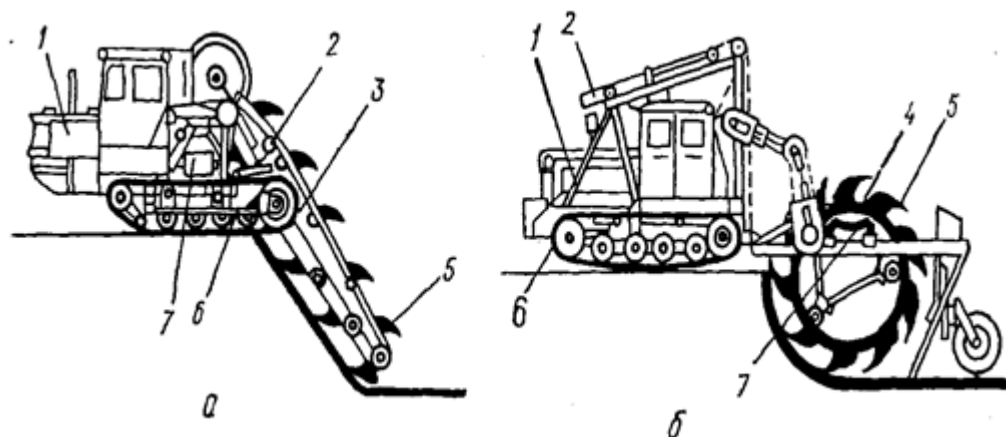


Рисунок 1.19 – Багатоковшові екскаватори з робочими органами:

а – ланцюговим; б – роторним; 1 – двигун; 2 – гідроциліндри піднімання робочого органа; 3 – ковшова рама; 4 – ротор; 5 – ковші; 6 – гусенична ходова частина; 7 – стрічковий конвеєр

Якщо параметри траншеї або фізико-механічні властивості ґрунту не дозволяють використовувати багатоковшові екскаватори, траншеї розробляються одноківшевими екскаваторами з робочим обладнанням «драглайн» (рис. 1.20) або «обернена лопата» (рис. 1.21).

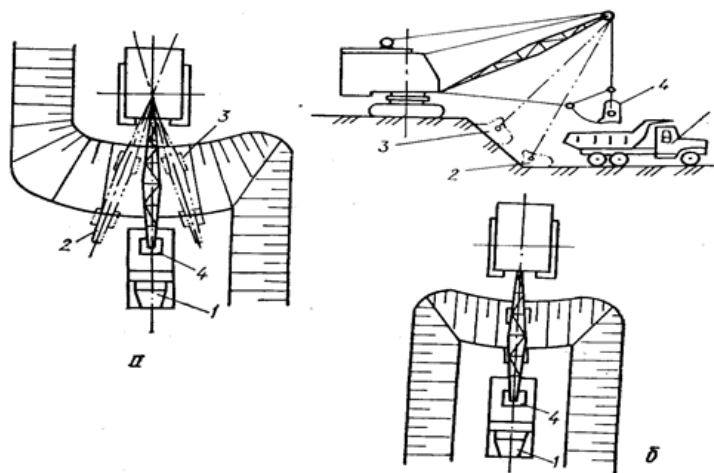


Рисунок 1.20 – Розробка траншеї екскаватором «драглайн»:

а – поперечно-човниковий; б – поздовжньо-човниковий: 1 – автосамоскид; 2 – опускання ковша в забій та набирання ґрунту; 3 – закінчення набирання ґрунту та піднімання ковша; 4 – розвантаження ковша

Розробка ґрунту багатоковшовими екскаваторами ведеться до проєктних відміток, а одноківшевими – із недобором. Потім недобір ліквідується вручну, або механізовано.

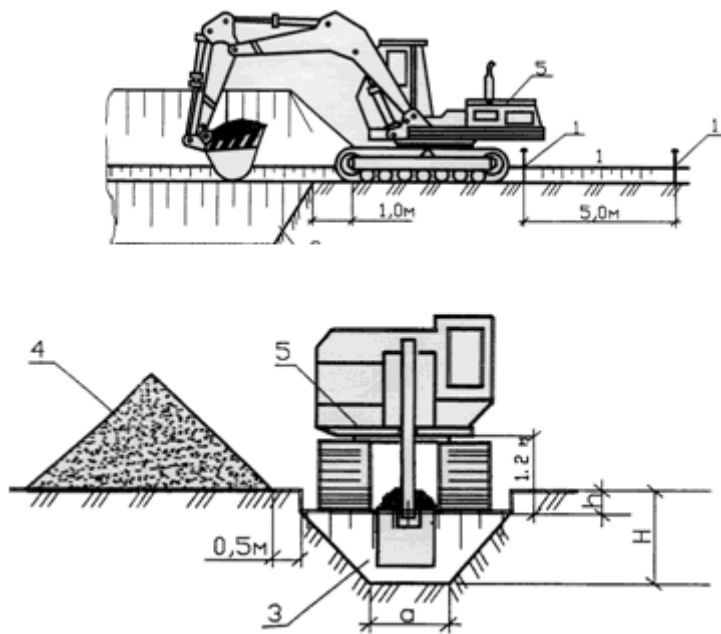


Рисунок 1.21 – Схема копання траншеї одноківшовим екскаватором з оберненою лопатою:

1 – кілочки; 2 – вішки; 3 – траншея, що розробляється;  
 4 – відвал мінерального ґрунту; 5 – екскаватор;  $H$  – глибина траншеї;  
 $a$  – ширина траншеї по дну;  $h$  – глибина зняття родючого шару за проєктом

Прямки для монтажу та герметизації стикових з'єднань розтрубних труб та труб, що з'єднуються муфтами діаметром до 300 мм, розроблюють безпосередньо перед вкладанням труб. Прямки для трубопроводів  $d > 300$  мм допускається влаштовувати за 1–2 дні до початку монтажу.

Розміри прямиків призначаються залежно від виду та діаметрів труб і способу їхнього з'єднання.

### 1.5 Труби для будівництва трубопроводів

*Залізобетонні труби* (рис. 1.22) – достатньо міцні, витримують порівняно великий тиск, стійкі до впливу зовнішніх руйнуючих факторів (ґрунтові води, промерзання ґрунту тощо). Термін експлуатації перевищує 50 років. Пропускна спроможність з плином часу не змінюється. Залежно від розрахункового

внутрішнього тиску поділяють на 4 групи: 1 – тиск до 2,0 МПа; 2 – до 1,5 МПа, 3 – до 1,0 МПа, 4 – до 0,5 МПа.



Рисунок 1.22 – Залізобетонні напірні труби

Залежно від технології виготовлення залізобетонні труби поділяються на:

– віброгідропресовані – виготовляються діаметром 500–1 600 мм, корисної довжини 5 м, позначення – ТН 80.50 – 2;

– центрифуговані – діаметром 500–1 600 м, довжиною 5 м, позначення – ТН – 80.50 – 2;

– відцентровопрокатні – для спорудження водогонів великого діаметра 1 200–2 400 мм, розраховані на тиск 1,5 Мпа ( $d = 2\ 400$  – на 0,5 МПа), позначення – ТНР ВП 200.25 – 3.

Залізобетонні напірні труби постачаються у комплекті з гумовими кільцями, які забезпечують герметичність з'єднання.

*Азбестоцементні труби* (рис. 1.23) – стійкі до корозії, морозостійкі, порівняно невеликої щільності, а отже, відносно легкі та мають невелику вартість. Основні їхні недоліки: крихкість, канцерогенність, невисокий опір ударам. Азбестоцементні труби потребують великої технологічної культури транспортування, вкладання та монтажу.

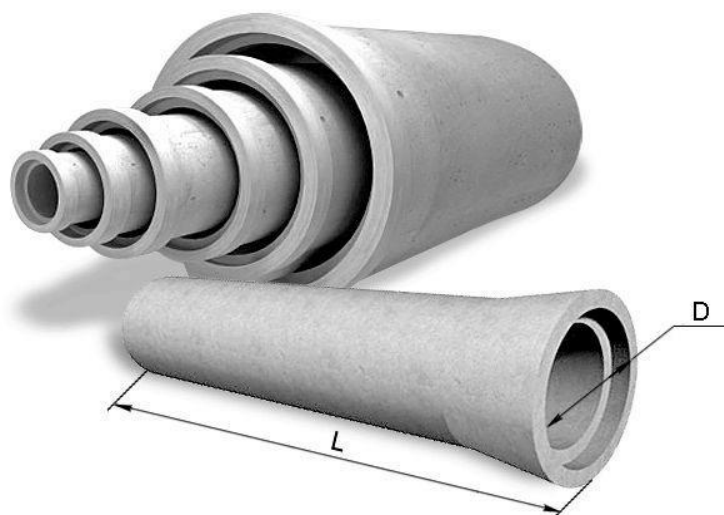


Рисунок 1.23 – Азбестоцементні труби

Азбестоцементні труби виготовляють чотирьох класів: ВТ – 6 (робочий тиск  $P_p = 6$  атм); ВТ – 9 ( $P_p = 9$  атм); ВТ – 12 ( $P_p = 12$  атм); ВТ – 15 ( $P_p = 15$  атм).

Азбестоцементні труби випускають трьох типів:

– I тип –  $l = 2.95$  м,  $d = 100$  мм,  $d = 150$  мм;  $l = 3.95$  м,  $d = 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 500$  мм;

– II тип –  $l = 4.95$  м,  $d = 200\text{--}500$  мм;

– III тип –  $l = 5.95$  м,  $d = 200\text{--}300$  мм.

Довжина обточеного кінця – 200 мм. Азбестоцементні труби з'єднуються азбестоцементними муфтами (рис. 1.24), що самоущільнюються, або чавунними муфтами на болтах (рис. 1.25). Як ущільнювачі в муфтах застосовують гумові манжети.



Рисунок 1.24 – Азбестоцементна муфта у розрізі



Рисунок 1.25 – Чавунна муфта «ЖИБО»

*Пластмасові труби* – найбільше відповідають вимогам, що висуваються до закритих зрошувальних напірних трубопроводів. Вони мають малу масу, не кородують, не руйнуються при замерзанні в них води. Мають підвищену пропускну спроможність (при однаковому діаметрі на 20–30 % вище, ніж у сталевих труб). Одна тонна труб з полімерних матеріалів замінює 5–6 т сталевих або чавунних, або 11 т азбестоцементних.

Напірні поліетиленові труби (ДСТУ Б В.2.7-151:2008 «Труби поліетиленові для подачі холодної води») випускають за низького тиску з поліетилену високої щільності (ПВП), за високого тиску – з поліетилену низької щільності (ПНП) чотирьох типів: Л (легкий) – робочий тиск до 0,25 МПа; СЛ (середньо легкий) SDR17,6 – 0,4 МПа; С – (середній) SDR21 – 0,6 МПа; В (важкий) SDR13,6 – 1,0 МПа, ОВ (особливо важкий) SDR9 – 1,6 МПа діаметром 110...630 мм (рис. 1.26).

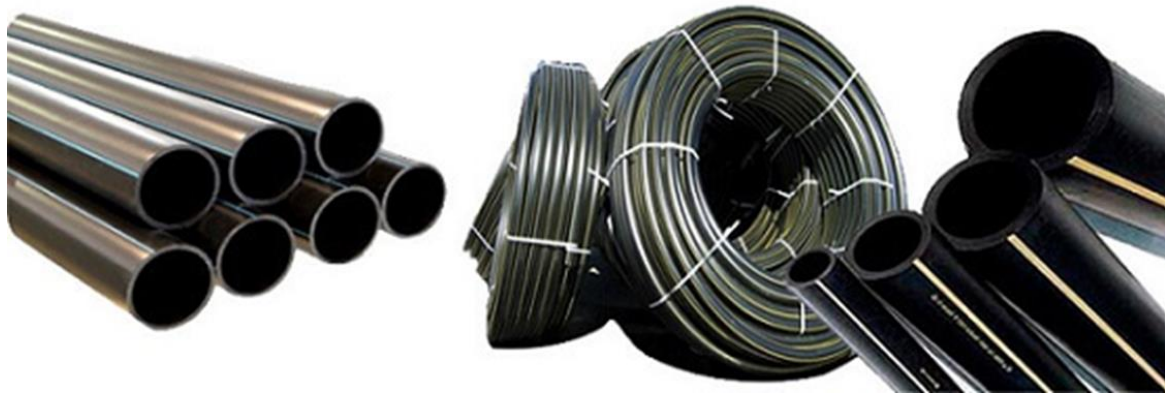


Рисунок 1.26 – Поліетиленові труби

Труби виготовляють відрізками довжиною 5, 6, 8, 10 та 12 м. Напірні труби з поліетилену низького тиску високої щільності (ПВП) виготовляють  $d = 63\text{--}1\,200$  мм,  $l = 6$  та 12 м. Напірні труби з неластифікованого полівінілхлориду виготовляють шести типів: О – полегшений для безнапірних трубопроводів; Л, С, СЛ, В (Т) та ОВ (ОТ),  $d = 50\text{--}450$  мм, довжиною 5 та 6 м. Такі ж труби з розтрубами (рис. 1.27) випускаються двох типів С та В(Т),  $d = 110\text{--}315$  мм,  $l = 6$  м.



Рисунок 1.27 – Труби полівінілхлоридні з розтрубним з'єднанням

Напірні труби з поліпропілену виготовляються трьох типів: Л, С, В,  $d = 40\text{--}300$  мм. Труби поліетиленові зі стільниковою конструкцією стінки  $d = 600\text{--}6\,000$  мм, довжиною до 13 м виготовлюються двох типів Л і СЛ.



*Склопластик* – пластичний матеріал, у складі якого є скловолокнисті компоненти і сполучний наповнювач (термопластичні і термореактивні полімери). Поряд із відносно невисокою щільністю склопластикові вироби відрізняються високою міцністю.

Останні 30–40 років склопластик масово застосовується для виготовлення трубопроводів різного призначення.

Полімерний композит є гідною альтернативою скла, кераміки, металу і бетону для виробництва конструкцій, розрахованих на експлуатацію в екстремальних умовах (нафтохімія, авіація, видобуток газу, суднобудування і тощо).

Магістралі поєднують у собі якості скла і полімерів:

1. Мала вага. Середня вага склопластика становить  $1,1 \text{ г/см}^3$ . Для порівняння: цей же параметр для сталі і міді набагато вище – 7, 8 і 8, 9  $\text{г/см}^3$  відповідно. Завдяки легкості, полегшуються монтажні роботи і транспортування матеріалу.

2. Корозійна стійкість. Складові композиту мають низьку реакційну здатність, тому не піддаються електрохімічній корозії і бактеріальному розкладанню, що дуже важливо для підземних інженерних мереж.

3. Високі механічні властивості. Абсолютна межа міцності композиту поступається показнику сталі, але параметр питомої міцності значно перевершує термопластичні полімери (ПВХ, ПНД).

4. Атмосферостійкість. Діапазон граничних температур ( $-60 \text{ }^\circ\text{C} - + 80 \text{ }^\circ\text{C}$ ), обробка труб захисним шаром зі склопластика забезпечує несприйнятливність до променів УФ-діапазону. Крім того, матеріал стійкий до вітру (межа – 300 км/год). Деякі виробники заявляють про сейсмостійкість трубної арматури.

5. Вогнетривкість. Негорюче скло – головний компонент склопластика, тому матеріал важкозаймистий. Під час горіння не виділяється отруйний газ діоксин.

Склопластик має низьку теплопровідність, що пояснює його теплоізоляційні якості.

Недоліки композитних труб: схильність абразивного зносу, утворення канцерового пилю внаслідок механічної обробки і висока вартість порівняно зі пластиком.

У міру стирання внутрішніх стінок оголюються і обламуються волокна – частинки можуть потрапляти у навколишнє середовище.

*Сталеві труби* у будівництві зрошувальних систем застосовують у випадках перетину природних та штучних перешкод, коли труби з інших матеріалів непридатні, на ділянках напірних трубопроводів, яким загрожує гідравлічний удар тощо. Для напірних трубопроводів застосовують сталеві труби нафтогазового сортаменту, а також тонкостінні сталеві (рис. 1.28) труби з протикорозійним покриттям (лак «Етіноль», поліетиленова плівка, цинкове покриття).

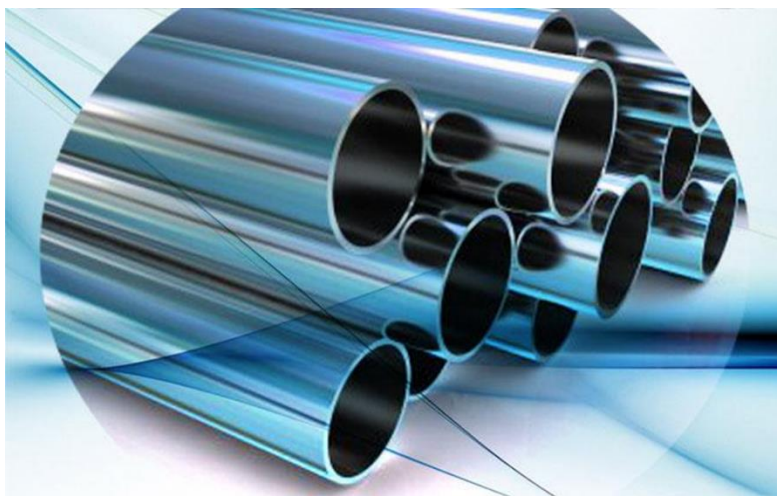


Рисунок 1.28 – Тонкостінні сталеві труби

Тонкостінні труби розраховані на тиск до 2 МПа,  $d = 219\text{--}530$  мм,  $l = 5,6$  м і 11 м.

Тонкостінні труби випускаються з розтрубами, ущільнення стику здійснюється гумовими манжетами або з гладкими кінцями, до яких у заводських умовах у середовищі інертних газів приварюються обичайки з відрізків товстостінних труб, такі стики можна зварювати звичайними пристроями електродугового зварювання.

*Чавунні труби* (рис. 1.29) для будівництва закритих зрошувальних систем використовуються зазвичай тільки у виняткових випадках, коли використання неметалевих труб недоцільне. Це пояснюється великими витратами чавуну на їхнє виробництво, крихкістю при динамічних навантаженнях. Частіше чавунні труби застосовуються у природоохоронних спорудах і спорудах, пов'язаних зі транспортуванням води з розчиненими у ній агресивними речовинами.



Рисунок 1.29 – Чавунні труби

Промисловість випускає чавунні розтрубні напірні труби трьох класів: ЛА – робочим тиском 10 атм, А – 14 атм, Б – 16 атм довжиною 3–10 м, діаметром 200–500 мм.

## **1.6 Ізоляційні матеріали для труб**

### *Теплоізоляція*

В основі кожного технологічного процесу лежить економічна ефективність, на яку впливає сукупність багатьох факторів. Одним із таких моментів, важливим для багатьох галузей промисловості, є теплова ізоляція обладнання і трубопроводів. Теплова ізоляція – один з найбільш поширених видів захисту, який знайшов своє застосування практично у всіх галузях промисловості. Завдяки їй забезпечується безаварійна робота більшості об'єктів, що становлять загрозу здоров'ю людини або навколишньому середовищу. Від

якості ізоляційної конструкції теплопроводу залежать не тільки теплові втрати, але, що не менш важливо, його довговічність. За відповідної якості матеріалів і технології виготовлення теплова ізоляція може одночасно виконувати роль антикорозійного захисту зовнішньої поверхні сталевого трубопроводу. Існують певні вимоги щодо вибору матеріалу і монтажу. Ізоляція трубопроводів повинна відповідати нормам, оскільки від цього залежить нормальне функціонування багатьох систем. У більшості випадків теплова ізоляція теплопроводів є ключовим фактором для безперебійної роботи і функціонування об'єктів енергетики, житлово-комунального господарства та промисловості. Виконана за всіма стандартами, ізоляція трубопроводів дозволяє скоротити втрати тепла у процесі його передачі від постачальника до кінцевого споживача (наприклад, при наданні послуг гарячого водопостачання в системі житлово-комунального господарства), що також знижує загальні енергетичні витрати. Монтаж і процес експлуатації теплоізоляційних споруд безпосередньо залежать від їхнього призначення і місця установки. На сьогоднішній день прийняті і затверджені певні вимоги, відповідно до яких проводиться розрахунок ізоляції трубопроводів і подальший монтаж. До них, зокрема, відносяться:

- безпека навколишнього середовища;
- пожежонебезпека, надійність і довговічність матеріалів, з яких виготовляється спорудження;
- теплотехнічні показники.

До параметрів, які характеризують експлуатаційні властивості матеріалів теплоізоляції, відносять деякі фізичні величини. Це теплопровідність, стисливість, пружність, щільність, вібростійкість. Важливе значення мають і горючість, стійкість до впливу агресивних чинників, товщина ізоляції трубопроводів і низка інших параметрів.

Коефіцієнт теплопровідності сировини, з якого виготовляється ізоляція, визначає ефективність всієї споруди. Виходячи з його значення, розраховується необхідна товщина майбутнього матеріалу. Це також впливає на величину навантаження, яка буде надаватися з боку утеплювача на об'єкт. Під час

обчислення значення коефіцієнта враховують всю сукупність факторів, що на нього безпосередньо впливає. Підсумкове значення впливає на вибір матеріалу, спосіб його укладання, необхідну товщину для досягнення максимального ефекту. Враховується також температуростійкість, ступінь деформації при заданому навантаженні, допустиме навантаження і багато іншого.

Експлуатаційний період теплоізоляційних споруд різний і залежить від безлічі факторів. До них, зокрема, варто відносити розташування об'єкта та погодні умови, наявність або відсутність механічного впливу на теплоізоляційне спорудження. Ці фактори, які мають ключове значення, впливають на довговічність конструкції. Збільшити термін експлуатації допомагає нанесення додаткового спеціального покриття, яке істотно знижує рівень впливу з боку навколишнього середовища.

Норми пожежної безпеки визначені для кожної з галузей промисловості. Наприклад, для газової, нафтохімічної, хімічної галузей у складі теплоізоляційних споруд допускається застосування негорючих матеріалів. При цьому на вибір впливають не тільки зазначені показники обраної речовини, а й поведінка теплоізоляційної споруди при пожежі. Збільшення пожежостійкості досягається шляхом нанесення додаткового покриття, стійкого до дії високих температур.

На ринку теплоізоляційних матеріалів представлені волокнисті теплоізоляційні матеріали. Найпоширенішими є мати, циліндри і плити, які можуть бути без покриття або з покриттям з одного боку (наприклад, алюмінієва фольга). Найбільшого поширення з пінопластових теплоізоляційних матеріалів отримав пінополіуретан заливний. Застосовується він у двох видах: у вигляді плиткових виробів і напилення, використовується переважно для захисту при низькотемпературному виробництві. Ізоляція трубопроводів проводиться і матеріалами на синтетичній основі (рис. 1.30). У цьому випадку захисту піддається обладнання, яке працює в умовах негативних і позитивних температур навколишнього середовища. Виглядає така теплоізоляція як трубки (циліндри) або плитно-листові вироби.



Рисунок 1.30 – Теплоізоляція трубопроводу

Теплова ізоляція влаштовується на трубопроводах, арматурі, фланцевих з'єднаннях, компенсаторах і опорах для таких цілей:

- зменшення втрат тепла під час його транспортування, що знижує встановлену потужність джерела тепла і витрата палива;
- зменшення падіння температури теплоносія, яке подається до споживачів, що знижує необхідну витрату теплоносія і підвищує якість теплопостачання;
- зниження температури на поверхні теплопроводу і повітря в місцях обслуговування (камерах, каналах), що усуває небезпеку опіків і полегшує обслуговування теплопроводів.

Основні вимоги до теплоізоляційних конструкцій:

- 1) низька теплопровідність як в сухому стані, так і в стані природної вологості;
- 2) мале водопоглинання і невелика висота капілярного підйому рідкої вологи;
- 3) мала корозійна активність;
- 4) високий електричний опір;
- 5) лужна реакція середовища;
- 6) достатня механічна міцність.

Не допускається використовувати матеріали, схильні до горіння і гниття, а також які містять речовини, здатні виділяти кислоти, міцні луги, шкідливі гази і сірку. Найбільш важкі умови для роботи теплопроводів виникають за підземного каналного і особливо безканалного прокладання внаслідок

зволоження теплової ізоляції ґрунтовими і поверхневими водами і наявності у ґрунті блукаючих струмів.

Як теплову ізоляцію в теплових мережах зараз застосовують переважно вироби із неорганічних матеріалів (мінеральної та скляної вати) (рис. 1.31), вапняно-кремнеземисті, а також склади, що виготовляються з азбесту, бетону, асфальту, бітуму, цементу, піску або інших компонентів для безканального прокладання: бітумоперліт, асфальтоізол, армопінобетон, асфальтокерамзитобетон тощо.



Рисунок 1.31 – Мінеральна вата

Залежно від виду використовуваних виробів теплову ізоляцію підрозділяють на обгорткову (мати, смуги, шнури, джгути), штучну (плити, блоки, цеглу, циліндри, напівциліндри, сегменти, шкаралупи), заливальну (монолітну і литу), мастичну і засипну. Обгортувальні і штучні вироби застосовують для всіх елементів теплових мереж та можуть бути як знімними, так і незнімними. Кріплять їх за допомогою бандажів, дроту, гвинтів тощо. Заливальну та засипну ізоляцію застосовують зазвичай для елементів теплових мереж, які не потребують обслуговування. Мастичну ізоляцію допускається використовувати для запірної і дренажної арматури і сальникових компенсаторів за умови виконання знімних конструкцій для патрубків сальникових компенсаторів і сальників ущільнень арматури.

Теплоізоляційні конструкції сталевих трубопроводів за надземного і підземного каналного прокладання, а також за безканалного прокладання у монолітній оболонці складаються зазвичай із трьох основних шарів: протикорозійного, теплоізоляційного і покривного. Протикорозійний шар накладається на зовнішню поверхню сталеві труби і виконується з обмазувальних і обгорткових матеріалів у кілька шарів (ізола або бризолу на ізольної мастиці, епоксидних або органосилікатних емалей і фарб, склоемалі тощо). Поверх нього вкладається основний теплоізоляційний шар із обгорткових, штучних або монолітних виробів. За ним йде покривний шар, що захищає теплоізоляційний шар від впливу вологи і повітря і від механічних пошкоджень (рис. 1.32).

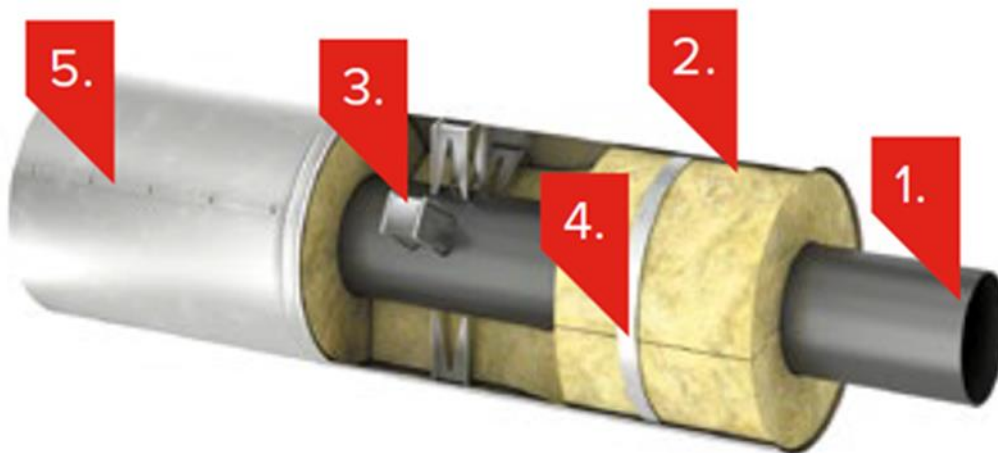


Рисунок 1.32 – Індустріальна теплоізоляція трубопроводу:

- 1 – трубопровід; 2 – циліндр «ТЕХНО / Мат»; 3 – опорні скоби або кільця (за необхідності); 4 – елемент кріплення; 5 – покривний шар

Сучасним вимогам до надійності і довговічності достатньо повно задовольняють теплопроводи з монолітною теплоізоляцією з пористого полімерного матеріалу типу пінополіуретану із замкнутими порами і структурою, виконаною методом формування на сталевій трубі у поліетиленовій оболонці (типу «труба у трубі»). При цьому попередньо теплоізольовані трубопроводи виконуються з оболонкою з поліетилену високого тиску. Простір між оболонкою і трубою заповнюється жорстким



пінополіуретаном. У пінополіуретані закладені мідні провідники для контролю наявності вологи в теплоізоляції трубопроводу.

Безканалні теплопроводи у засипних порошках застосовуються здебільшого при трубопроводах малого діаметра – до 300 мм. Перевага безканалних теплопроводів у засипних порошках порівняно з теплопроводами з монолітними оболонками полягає в простоті виготовлення ізоляційного шару. Для спорудження таких теплопроводів не потрібно наявності у районі будівництва теплових мереж заводу, на який повинні попередньо надходити сталеві труби для накладення монолітної ізоляційної оболонки. Ізоляційний засипний порошок у відповідній упаковці, наприклад в поліетиленових мішках, легко транспортується на великі відстані залізничним або автотранспортом.

Литі конструкції теплоізоляції безканалних теплопроводів виготовляються з перлітобетону. Змонтовані в траншеї сталеві теплопроводи заливаються рідкою композицією, приготованою безпосередньо на трасі або доставленою в контейнері з виробничої бази. Після схоплення перлітобетон засипається ґрунтом.

#### *Захист від корозії*

В умовах дії агресивних ґрунтових вод зазвичай застосовують залізобетонні труби, виготовлені на спеціальних агресивно стійких цементів. Якщо такі труби відсутні, то використовують залізобетонні труби, виготовлені на звичайних портландцементях, але з попередньо нанесеною гідроізоляцією. Для захисту від корозії в агресивних ґрунтах застосовують захисні покриття та речовини, що просочуються. Як захисні покриття використовуються бітумні, бітумно-полімерні, бітумноемульсійні та полімерні мастики. Для просочування залізобетонних труб застосовують розплавлений петролатум. Тип покриття та його структура визначаються проектом. Залізобетонні труби ізолюються до початку монтажу шляхом нанесення 2–4 шарів гарячого бітуму товщиною 1–2 мм на попередньо ґрунтовану поверхню, або такої ж кількості шарів холодних бітумних емульсій. Ізоляцію наносять механічним способом з допомогою форсунок, форсунок-розпилювачів або вручну жорсткими щітками.

Для просочування залізобетонних труб застосовується композиція, яка містить 90 % петролатума і 10 % вищих жирних кислот.

### **1.7 З'єднання труб**

Пластмасові труби з'єднують зазвичай за допомогою стикового або електромужфтового зварювання. Стикове зварювання – це технологія, яка вже довгі роки застосовується для з'єднання полімерних труб. Кінці труб встановлюються і з'єднуються в спеціальній установці для стикового зварювання, після вирівнювання і фіксації крайки труб зачищаються за допомогою спеціального електричного пристрою, забезпечуючи їхню паралельність. Між кінцями труб вставляють нагрівальну плиту з фторопластовим покриттям. Кінці труб розігріваються нагрітою плитою, температуру якої регулює термостат. Коли крайки труб достатньо розплавляються, плиту прибирають, а кінці труб притискають один до одного і дають трубам охолонути. За фланцевого з'єднання труб із ПВХ використовують фланці чавунні з гумовими прокладками. У місці фланцевого з'єднання трубу обрізають. Поверхня зрізу повинна бути рівною, без задирок. Робити фаску не потрібно. Спочатку на трубу одягають вільний чавунний фланець, а потім – гумову прокладку. Виступ прокладки від зрізу труби повинен бути 10 мм. Після цього чавунний фланець насувають на гумову прокладку і з'єднують за допомогою болтів із відповідним фланцем. Болти необхідно затягувати рівномірно і без зайвих зусиль.

У ПВХ трубах і сполучних деталях до них розтруби на заводі комплектуються нерухомими гумовими кільцями ущільнювачів. Це сприяє максимальній простоті монтажу мереж із таких труб і забезпечує високу надійність з'єднань.

Під час монтажу гладкі кінці труб і розтруби з гумовими кільцями потрібно добре очистити від забруднень (піску, бруду, пилу). Необхідно переконатися в правильності розташування гумового кільця в розтрубі, чи

немає на ньому прогинів або опуклостей. Потрібно також перевірити, що фаска на гладкому кінці труби знята.

Гладкі кінці труб і гумові кільця в розтрубах необхідно змастити силіконовою змазкою. Використання для цих цілей нафтохімічних олій заборонено. Неприпустимо попадання на змащені поверхні піску або інших забруднень.

Під час монтажу гладкий кінець труби направляють у розтруб. Труби, що з'єднуються, мають бути розташовані на одній осі.

Гладкий кінець ПВХ труби необхідно вставити в розтруб на глибину монтажної мітки, далі трубу просувати не потрібно. Труби складаються вручну. Як важелем можна користуватися ломом (між поверхнею брухту і торцем труби необхідна дерев'яна прокладка).

З'єднання сталевих труб у польових умовах виконується за допомогою електродугового зварювання (рис. 1.33). Підготовленні до зварювання труби збирають у секції вздовж траншеї на лежаках, які розташовані чітко горизонтально на одному рівні. Під час збирання необхідно стежити за тим, аби осі всіх труб збігалися, а торці їх були паралельні. Залежно від товщини стінок труб зварювальний шов виконується у 2–4 шари. Після завершення зварювальних робіт на особливо відповідальних ділянках трубопроводів стики перевіряються за допомогою ультразвукового або радіографічного контролю.

За ДСТУ-Н Б В.2.5-68:2012 якість зварного шва за результатами зовнішнього огляду вважається задовільною, якщо не виявлено:

- тріщин у шві і прилеглий зоні;
- відступів від допустимих розмірів і форми шва;
- подрізів, западання між валиками, напливів, пропалів, не заварених кратерів, пор, що виходять на поверхню;
- зсувів крайок труб, що перевищують допустимі розміри.

Стики, що не задовольняють перерахованим вимогам, підлягають виправленню або видаленню й повторному контролю їхньої якості. Після

закінчення зварювальних робіт трубопровід чи стики (якщо труби мають нанесену в заводських умовах ізоляцію) захищають від корозії.

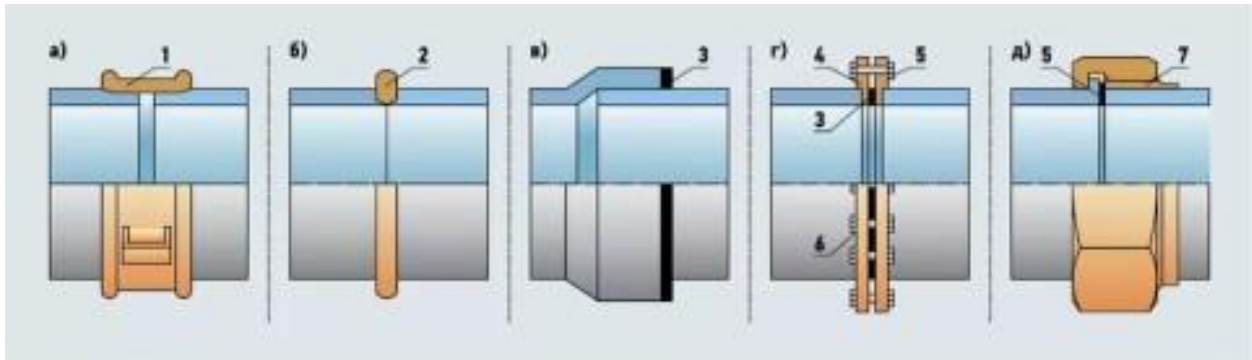


Рисунок 1.33 – Види з'єднання сталевих труб:

- а) – різьбове; б) – зварне стикове; в) – зварне у розтруб; г) – фланцеве;  
 д) – з накладною гайкою; 1 – муфта;  
 2 – зварний шов; 3 – розтруб; 4 – фланець; 5 – ущільнювальне прокладання;  
 6 – болт із гайкою; 7 – накладна гайка

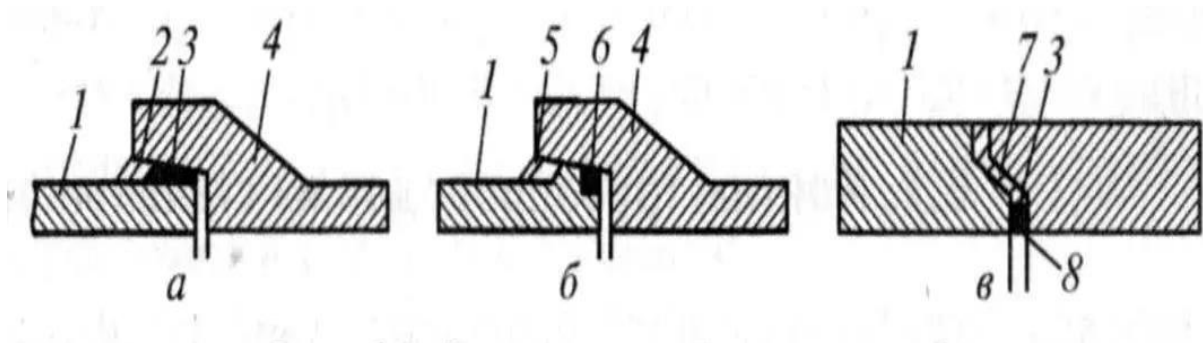


Рисунок 1.34 – Стики залізобетонних труб:

- а, б – розтрубні; в – фальцові;  
 1 – гладкий кінець труби; 2 – азбестоцемент; 3 – смоляне пасмо;  
 4 – розтруб; 5 – цементний розчин; 6 – гумові кільця;  
 7, 8 – цементний розчин або асфальтова мастика

Герметичність і водонепроникність розтрубних стиків чавунних трубопроводів досягаються закладенням розтрубної щілини прядив'яним просмоленим пасмом із подальшим влаштуванням замку з азбестоцементної суміші, яка утримує пасмо від видавлювання гідравлічним тиском. Іноді замість неї застосовують цементний розчин і у виняткових випадках – свинець.

Останнім часом використовують мастики-герметики. При закладенні стиків гумовими манжетами улаштування замків не потрібно.

### 1.8 Монтаж трубопроводів

Монтаж залізобетонних трубопроводів здійснюють за допомогою трубоукладачів, тракторних та гусеничних кранів. Труби, особливо їх внутрішню поверхню, перед стропуванням ретельно перевіряють, за необхідністю очищають від забруднень та натікань бетону. Підготовлену трубу подають до місця вкладання (у траншею) розтрубом вперед за ходом монтажу. Перед вкладанням першої труби на початку траси влаштовують бетонний або сталевий упор, який забезпечує стійке положення перших двох-трьох труб під час їхнього з'єднання (рис. 1.35).



Рисунок 1.35 – Укладання труб у траншею

Після зупинки монтажного крану навпроти труби, що вкладається, на неї опускають автоматичний захват. У світовій практиці використовують різноманітні типи захватів для труб: гідравлічні траверси, гідравлічні торцеві, універсальні захвати.

Якщо захват відсутній, то стропування здійснюють за допомогою м'яких стропів-рушників. Потім трубу піднімають на висоту 0,2–0,3 м і перевіряють на правильність стропування, після чого піднімають трубу на висоту 1 м та поворотом стріли спрямовують до траншеї.

На висоті 0,5 м від дна траншеї опускання труби припиняють і на гладкій її кінець одягають гумове кільце ущільнення, після чого заводять у розтруб раніше вкладеної труби, так щоб кільце у розтрубі було розташоване щільно по контуру. Потім трубу повільно опускають на підготовлену основу.

Під час монтажу залізобетонних труб найбільш трудомістким є процес заведення гладкого кінця у розтруб раніше вкладеної труби.

Для полегшення цього процесу застосовують різноманітні пристрої: домкрати, гідравлічні універсальні траверси, торцеві захвати, а якщо немає перелічених вище механізмів, то заведення гладкої частини у розтруб можна здійснювати за допомогою бульдозера. Після закінчення монтажу стику залізобетонних труб перевіряють правильність розташування гумового кільця у розтрубній щілині.

Азбестоцементні труби монтуються механізованим способом. Труби розкладають якомога ближче до бровки траншеї. Опускання та укладання виконують за допомогою самохідних стрілових кранів, трубоукладачів та тракторних кранів, використовуючи м'які стропи або спеціалізовані гідравлічні траверси-захвати. Під час опускання труб та муфт на дно траншеї стежать за тим, щоб не пошкодити її стінки та торці.

Труби в траншеї вкладають по шнуру, потім центрують, так щоб торці їх співпадали по всьому колу і між ними лишалася щілина шириною 5–6 мм, для труб  $d < 300$  мм та 8–9 мм для труб  $d < 300$  мм. Відцентровані труби фіксують, присипаючи їх ґрунтом у середній частині.

Ширина траншеї визначається такою, щоб була забезпечена зручність проведення робіт із монтажу трубопроводу. Дно траншеї необхідно вирівняти і звільнити від валунів і каменів, також на дні траншеї не має бути промерзлих ділянок. Якщо траншея облаштовується в дуже рихлих ґрунтах, може

виникнути необхідність зміцнення дна траншеї. У ґрунтах, схильних до зсуву, а також якщо виникає небезпека вимивання ґрунтів, варто зміцнювати дно траншеї геотекстильними матеріалами, щоб відокремити труби від таких ґрунтів. Подушку під монтовані труби потрібно робити для всіх різновидів ґрунтів. Для цього використовують гравій (розмір зерна максимум 20 мм) або пісок, товщина подушки повинна бути в межах не менше 10 і не більше 15 см. Подушку під труби не потрібно ущільнювати, винятком є ділянки за 2 м до стінки колодязя з боку входної труби або до оглядового колодязя. Подушку необхідно дуже ретельно вирівнювати. Під час монтажу труб необхідно влаштовувати прямки під місцями їхнього з'єднання (рис. 1.36).

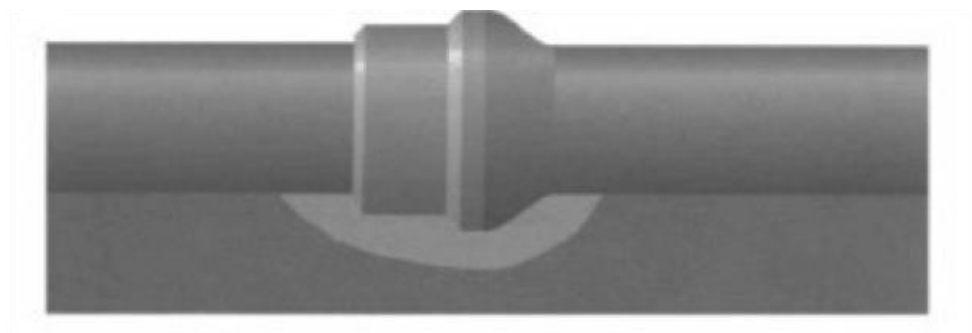


Рисунок 1.36 – Облаштування прямка під місцем з'єднання труб на дні траншеї

Ґрунт, вийнятий під час облаштування траншей, можна використовувати як матеріал для первинного обсіпання труб, якщо в ньому відсутнє каміння (максимальний допустимий розмір каменів – 20 мм). Якщо у разі обсіпання ґрунт необхідно ущільнювати, він має бути придатний для подібної операції. Якщо витягнутий ґрунт для обсіпання не придатний, то для цього потрібно використовувати гравій (розмір фракцій 22 мм), пісок або щебінь (розмір фракцій 4–22 мм). Первинне обсіпання труби в траншеї проводиться по всій її ширині. Висота обсіпання має бути не менше 15 см від верху труби. Якщо при обсіпання необхідно ущільнення ґрунту, то його варто виконувати шарами товщиною 15–20 см. Товщина першого шару не повинна перевищувати величину половини діаметра труби і повинна бути не більше 20 см. Другий шар

насипається до верху труби і повинен бути товщиною не більше 20 см, утримання ґрунту прямо над трубою категорично заборонено.

Засипку траншеї можна робити витягнутим із неї ґрунтом, якщо розміри найбільш великих валунів в ньому не більше 30 см. У той же час у місцях, де товщина захисного обсіпання становить менше 30 см до верху труби, розмір каменів не повинен бути більше 60 мм. Коли зусиль лому недостатньо, можливе використання домкрату. Як опору при цьому можна використовувати ківш екскаватора або пристосування зі строп або хомутів і ручної лебідки. Щоб уникнути пошкодження труби, між нею і механізмами в обов'язковому порядку варто використовувати дерев'яні або гумові прокладки. Неприпустимо заштовхувати трубу за допомогою екскаватора. Якщо виникає необхідність, після завершення процесу монтажу положення кільця ущільнювача в розтрубі можна проконтролювати. Для цього береться металева пластина і розміщується між розтрубом і гладким кінцем труби так, щоб вона торкалася до ущільнювального кільця. Під час переміщення металевої пластини по колу труби визначається розташування кільця ущільнювача у розтрубі (якщо монтаж здійснений правильно, відстань до кільця однакова по всьому колу труби).

За необхідності на будівельних майданчиках труби і патрубки можна обробляти механічно (різка та зняття фаски). Різати і вкорочувати з'єднувальні деталі заборонено. Під час монтажу труб вибраковуюються:

- всі з'єднувальні деталі з ПВХ зі сколами і тріщинами;
- кільця гумові з розривами, не вилучені під час пресування, а також ті, що не вставляються при невеликому зусиллі в жолобок розтруба.

Базова схема монтажних робіт передбачає укрупнювальне збирання окремих труб у секції біля об'єктного складу або на польових будівельних майданчиках, після чого вони доставляються на трасу і з'єднуються в суцільну нитку. Суцільні нитки полімерних труб розташовують на бровках траншей або на підкладках над траншеєю, після чого опускають у траншею на м'яких стропах з допомогою кількох кранів трубоукладальників.



Після зварювання на зовнішній та внутрішній поверхнях труби утворюється шов, який легко видаляється за допомогою спеціального обладнання. Якість з'єднання швидко та надійно встановлюється візуальним контролем шва зовні. Електромуфтове зварювання забезпечує розігрів країв труб шляхом застосування поліетиленових фасонних частин зі втопленими у них під час виготовлення нагрівальними елементами, зокрема, електрозварних муфт. На вмонтовану у муфту електроспіраль подається струм і вона діє як нагрівальний елемент, у наслідок чого матеріал труб розплавляється і фасонна частина приварюється до стінок труб.

Приєднання пластмасових трубопроводів до металевих фасонних частин та арматури виконується за допомогою металевих фланців.

Пластмасові труби зі розтрубами мають зазвичай у заводських умовах закріплене у розтрубі гумове кільце ущільнення.

Сталеві труби транспортуються на трасу за допомогою спеціальних автомобілів-трубовозів (рис. 1.37) як окремими трубами, так і звареними на базі будівельної організації секціями.

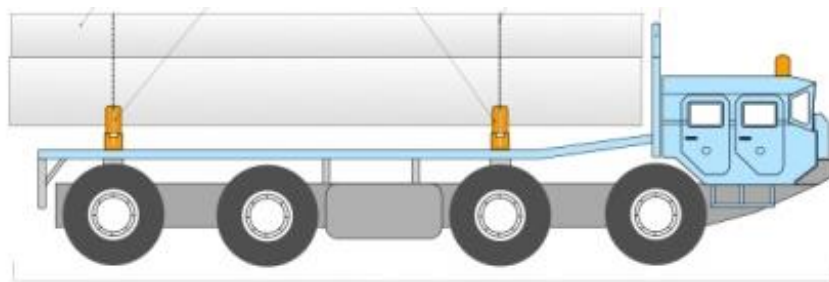


Рисунок 1.37 – Транспортування сталевих труб на будівельний майданчик спеціальним трубовозом

Розвантаження труб здійснюється кранами за допомогою різноманітних захватів (рис. 1.38). Доставлені на трасу труби або секції розкладаються вздовж траншеї (рис. 1.39) в межах монтажної зони на спеціальних лежаках.

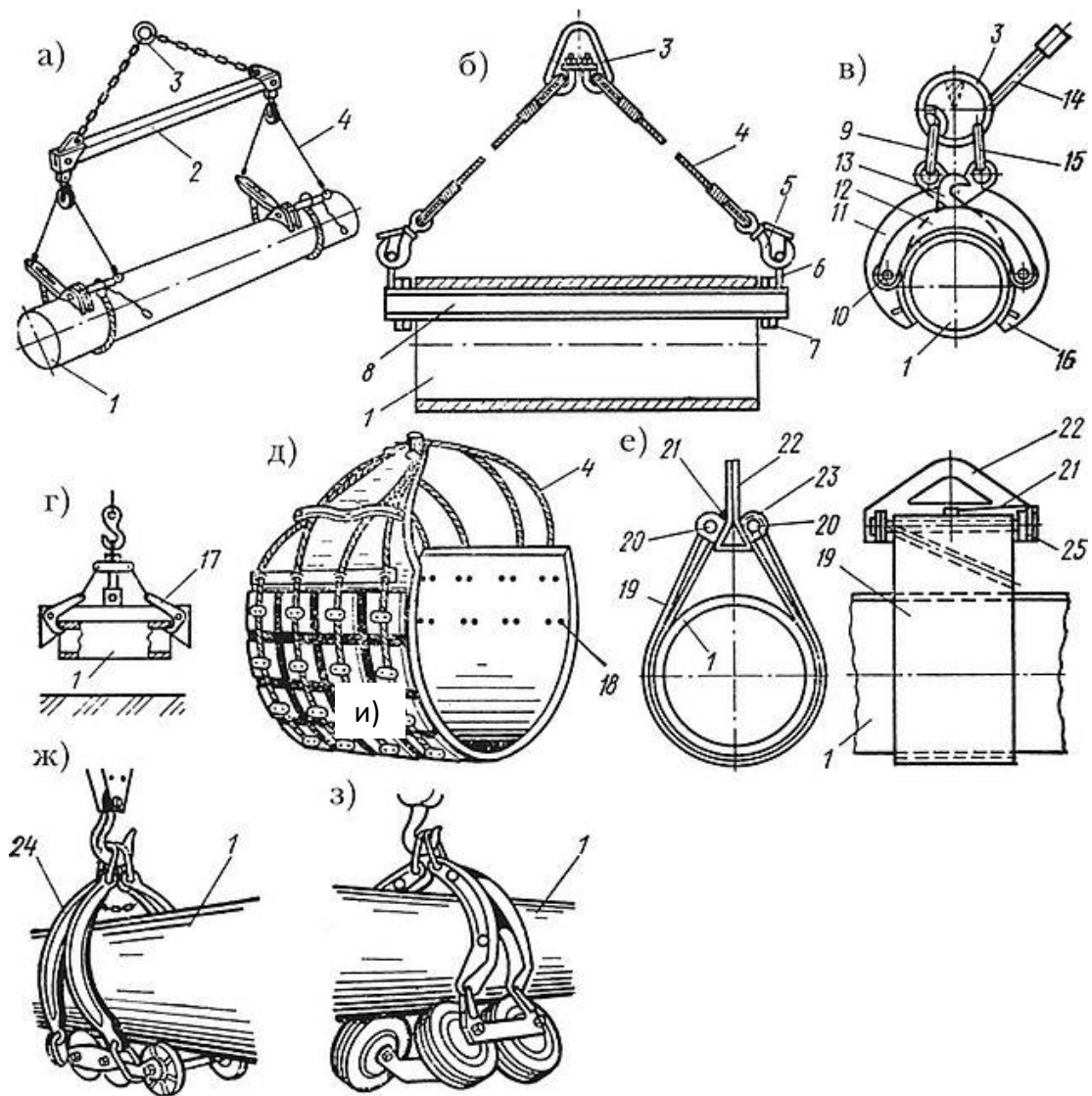


Рисунок 1.38 – Траверси, захвати та підвіски для стропування та підйому труб:

- а) – траверса для довгомірних труб; б) – траверса для азбестоцементних труб;  
 в) – напівавтоматичний кліщовий захват; г) – етапи стропування труби автоматичним захватом; д) – м'який строп; е) – стропування труб м'яким стропом (рушником); ж), и) – тролейні підвіски зі жорсткими та пневмобалонними котками; 1 – труба; 2 – траверса; 3 – кільце; 4 – стропи;  
 5 – гаки; 6 – скоба; 7 – огорожувальні фланці; 8 – труба-траверса;  
 9 – підвіски; 10 – вісь; 11 – важелі; 12 – скоба; 13 – два гаки; 14 – ручка;  
 15 – штир; 16 – висувні губки; 17 – автоматичний захват; 18 – м'яка прокладка;  
 19 – м'який строп; 20 – стрижні;  
 21 – привід для протягування стропа з-під труби; 22 – траверса; 23 – опора;  
 24, 25 – тролейна підвіска з котками

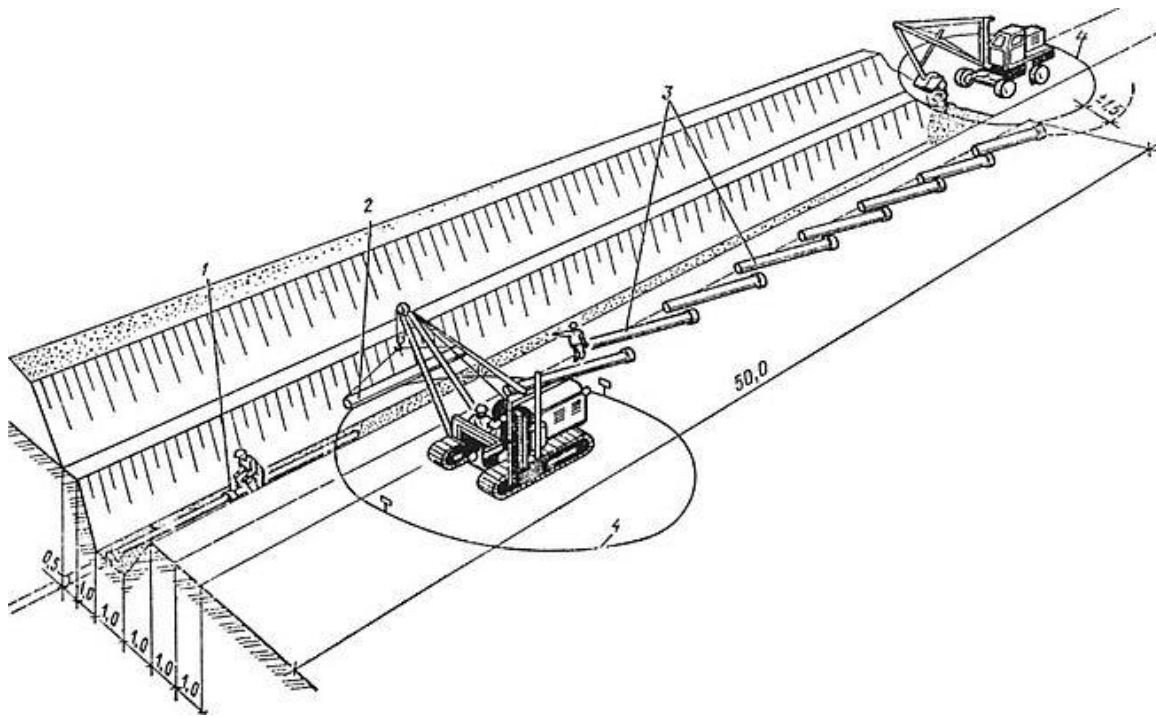


Рисунок 1.39 – Монтаж труб краном-трубоукладачем:

1 – стикування труб; 2 – укладання труб;

3 – розкладка труб на бермі траншеї; 4 – робоча зона екскаватора

Торці труб перед зварюванням очищають механічними щітками і оброблюються спеціальними фаскорізами, для забезпечення умов створення якісного зварного шва між трубами, що з'єднуються. Для цього використовують так звані центратори різних конструкцій (рис. 1.40).



Рисунок 1.40 – Стикування та центрування труб для виконання з'єднання

Між торцями труб мають бути залишені зазори в 2–3 мм залежно від товщини стінок.

Після встановлення труб у правильне положення за допомогою центратора стики прихоплюють у трьох-п'яти місцях, щоб зафіксувати це положення, а потім, після зняття центратора, здійснюють зварювання стику.

Зварювання сталевих труб можна здійснювати за допомогою пристроїв ручного зварювання, напівавтоматичною зварювальною установкою або мобільними автоматичними комплексами.

Для вкладання в траншею коротких секцій або окремих труб використовують крани-трубоукладачі (рис. 1.41) або стрілові гусеничні крани.



Рисунок 1.41 – Кран-трубоукладач

Перевагу надають спеціалізованим кранам-трубоукладачам через те, що вони спеціально розроблені для таких робіт і забезпечені системами захисту від перевантаження і, як наслідок, від перекидання або обриву вантажопідйомних механізмів, а в найсучасніших вся інформація про процес підняття вантажу виводиться на дисплей у кабіні оператора.

Більш довгі секції труб можна вкладати у траншею двома кранами. Укладання сталевих трубопроводів зазвичай рекомендується виконувати методом «безперервної нитки», за якого застосовують декілька трубоукладальників, відстань між якими коливається від 15 м до 45 м залежно від діаметра трубопроводу.

Відповідно до ДСТУ-Н Б В.2.5-68:2012 встановлено максимальні відхилення від проєктного положення осей напірних трубопроводів, якщо інші норми не обґрунтовані проєктом, не повинні перевищувати:

- у плані  $\pm 100$  мм;
- відміток лотків безнапірних трубопроводів  $\pm 5$  мм;
- відміток верху напірних трубопроводів  $\pm 30$  мм.

### 1.9 Зворотна засипка трубопроводів

Способи засипання трубопроводів, а також типи машин, що застосовуються, визначаються проєктом виконання робіт (рис. 1.42).

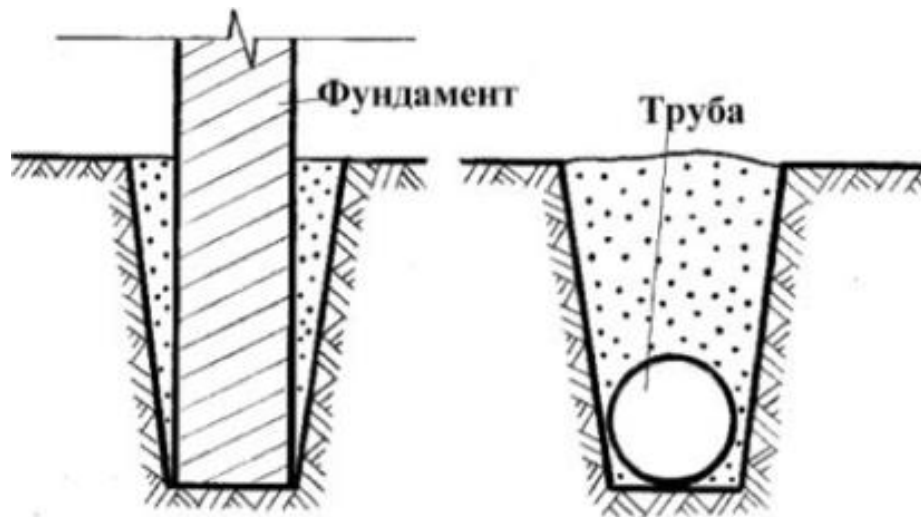


Рисунок 1.42 – Зворотне засипання підземних конструкцій та комунікацій

Засипку траншей з укладеними в них трубопроводами здійснюють за два прийоми. Спочатку засипають приямки, підбивають пазухи на висоту половини діаметра труби, після чого ґрунт ущільнюють пневматичними, механічними або ручними трамбівками. Потім траншею засипають ґрунтом на 0,2 м вище верха труби, для азбестоцементних труб на 0,5 м, забезпечуючи цілісність стиків й ізоляції труб та їхню доступність для огляду.

Ґрунт подається екскаваторами і не ущільнюється. Для засипання використовують місцевий ґрунт без крупних включень. Остаточне засипання трубопроводів виконується після їхніх випробувань.

Траншеї засипаються бульдозерами або спеціалізованими шнековими засипачами (рис. 1.43).

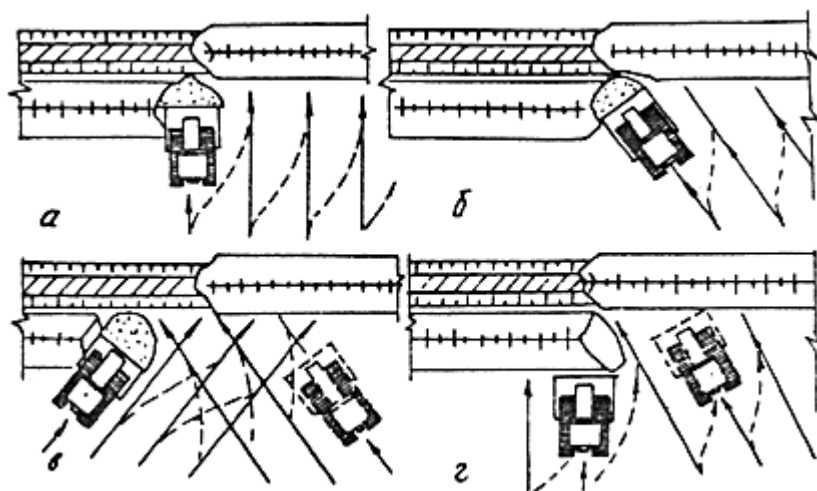


Рисунок 1.43 – Схеми виконання робіт із засипання покладеного трубопроводу бульдозером:

а – прямолінійними проходами; б – косопоперечними паралельними проходами; в – косоперехресними проходами; г – комбінованим способом

Ґрунт при цьому не ущільнюється, але відсипають валик, розміри якого встановлюють з урахуванням наступного природного осідання ґрунту. Після цього на трасу трубопроводу повертається рослинний ґрунт.

### 1.10 Випробування трубопроводів

Напірні трубопроводи випробовують на міцність та щільність гідравлічним або пневматичним способом. Спосіб випробування трубопроводів передбачається проектом залежно від кліматичних умов у районі будівництва та наявності води в період випробувань. Напірні трубопроводи випробовують двічі. До засипання траншей і встановлення гідрантів, запобіжних клапанів та вантузів виконується попереднє випробування на міцність. Остаточне випробування на щільність здійснюється після засипання траншеї та закінчення всіх робіт на цій ділянці траси. Величина випробувального тиску встановлюється проектом. Під час проведення попередніх гідравлічних

випробувань трубопроводів, засувки, які встановлені на ньому, мають бути відкриті. Трубопроводи випробовують ділянками довжиною не більше 1 км (для полімерних труб – 0,5 км). У трубопровід, що випробовується, нагнітається вода за допомогою опресувальників або пересувних насосних станцій (рис. 1.44) до досягнення випробувального тиску. Потім цей тиск витримують протягом 10 хв (для полімерних – 30 хв), після чого тиск знижується до робочого і здійснюється огляд трубопроводу.



Рисунок 1.44 – Вакуумний насос для гідравлічних випробувань

Під час проведення гідравлічних чи пневматичних випробувань тиск встановлюється (за відсутності параметрів у проєкті) відповідно до ДСТУ-Н Б В.2.5-68:2012 «Настанова з будівництва, монтажу та контролю якості трубопроводів зовнішніх мереж водопостачання та каналізації». Напірний трубопровід вважається таким, що витримав попередні випробування, якщо під дією випробувального тиску не сталося руйнування труб та фасонних частин, порушення стикових з'єднань, а під час дії робочого тиску не виявлено витікання води. Остаточні гідравлічні випробування трубопроводів із металевих, азбестоцементних та пластмасових труб можливо починати не раніше, ніж через 24 год з моменту засипки траншеї ґрунтом та заповнення їх водою, а

трубопроводів із залізобетонних труб не раніше, ніж через 72 год. У процесі випробувань витікання води не повинно перевищувати нормативних значень. Пневматичні випробування також здійснюються у дві стадії. Під час проведення попередніх пневматичних випробувань трубопровід витримують під випробувальним тиском 30 хв. Для виявлення можливих дефектів здійснюють огляд трубопроводу після зниження тиску в сталевих та пластмасових до 0,3 МПа, а в чавунних, залізобетонних та азбестоцементних трубопроводах до 0,1 МПа. Місця витікання повітря виявляють за допомогою мильного розчину, яким змочують стики, або по звуку. При остаточних пневматичних випробуваннях тиск спочатку доводять до випробувального і під цим тиском трубопровід витримують 3 хв. Після цього встановлюють тиск 0,3 МПа і визначають розмір падіння тиску в процесі випробувань. Трубопровід вважається таким, що витримав випробування, якщо не буде порушена його цілісність, а розміри падіння тиску не перевищують нормативних. Результати випробувань оформляються актом про проведення приймальних гідравлічних чи пневматичних випробувань напірного трубопроводу на міцність і герметичність.

### **1.11 Технологія безтраншейного прокладання трубопроводів**

Сутність методу полягає у проведенні магістралі під поверхнею землі на відміну від викопування поверхневих траншей, які мають такі недоліки:

- зняття ґрунту призводить до руйнування верхнього родючого шару не тільки в траншеї, а й спеціальною технікою, а також до забруднення прилеглої території, що значно збільшує масштаби збитку;
- за траншейного методу пошкоджуються насадження (дерева, чагарники), які не завжди вдається відновити;
- під час проведення робіт на асфальтованих автомобільних і пішохідних дорогах руйнується асфальтове покриття, використання трас стає неможливим і потрібен подальший ремонт – це приносить незручності й економічно не вигідно.



До переваг траншейного способу відносять простоту технології і поширеність використовуваної техніки, також для викопування траншей не потрібна висока кваліфікація працівників. За використання безтраншейного методу монтаж і прокладання трубопроводу проводять за допомогою бурового обладнання, прохідних агрегатів, гідравлічних і пневматичних пробійників. Метод підземної прокладки трубопроводів без траншей використовується для проведення газових, каналізаційних і водопровідних комунікацій, електричних кабелів.

### **Переваги та особливості безтраншейного прокладання**

Прокладання труб під землею без використання траншей, коли інші варіанти неможливі, має такі особливості:

- висока швидкість проведення робіт;
- нешкідливість для навколишнього середовища, дорожнього покриття, архітектурних споруд;
- економія фінансових коштів порівняно з перекриттям доріг і руйнуванням їхнього покриття в разі використання траншей;
- використання складного дорогого устаткування, що обслуговується кваліфікованим персоналом;
- можливість проведення робіт взимку.

### **Безтраншейне прокладання труб – види і способи**

Існуючі технології дозволяють укладати трубопровідні магістралі на великій глибині під час проведення нових ліній або всередині каналів старих труб, іноді з їхнім руйнуванням.

### **Реконструкція та заміна трубопроводу методом санації**

Санацією називають метод проведення ліній з використанням старих комунікацій (рис. 1.45).



Рисунок 1.45 – Безтраншейне прокладання каналізації технологією санації

*Релайніг.* Цей метод санації застосовується, якщо старий трубопровід зберігають і він слугує оболонкою для нової магістралі, яку простягають всередині.

*Реновація.* Ця методика полягає в тому, що під час прокладання нової лінії відбувається руйнування старої – її розрізають уздовж роликівими або нерухомими ножами і розширювачем збільшують радіус кола прохідного каналу, вдавлюючи залишки оболонки в землю.

### **Технологія релайнінга**

Релайнінг є найбільш економічно вигідним методом у ситуації, коли застарілу магістраль змінюють на сучасну пластикову (поліетилен низького тиску ПНД) трохи меншого діаметра. Технологія виробництва труби ПНД дозволяє здійснювати її з'єднання зварюванням, для цього промисловістю випускається широкий ряд пристроїв, які здійснюють вирівнює обробку, нагрів дисковою праскою і зварювання торців. Довжина ПНД магістралі може досягати 700 метрів, у процесі подачі на поверхні виробляють зварювання труб (10–12 м) спеціальними підходящими за габаритами дорогими електронними агрегатами.

Доволі часто необхідна протяжка по старому сталевому трубопроводу поліетиленової лінії трохи більшого радіуса – для цього використовують технології протягання зі спеціальним ножем-розширювачем, яким розрізають трубопровід уздовж. Проведені роботи складаються з таких етапів:

1. По краях заміної ділянки викопують робочий і приймальний котловани потрібного розміру (залежить від глибини залягання трубопроводу і габаритів машин) для розміщення інженерної техніки.

2. За допомогою спеціального механізму гідравлічних домкратів скручують металеві штанги і подають їх у канал, проштовхуючи до виходу з лінії в приймальному котловані.

3. Під'єднують до металевій штанги пластиковий трубопровід через кріплення, який знаходиться на спеціальному наконечнику у вигляді ножа-розширювача.

4. Гідравлічна машина виробляє протяжку в зворотному напрямку з одночасним поздовжнім розрізанням сталевій трубною оболонки. Разом із тим штанги в міру вилучення розкручують і витягують із котловану.

### **Реновація**

Технологія застосовується, якщо старий трубопровід має істотно менший діаметр і не відповідає технічним вимогам нової лінії, за допомогою цієї методики руйнують трубопроводи з крихких (кераміка, пластик, азбестоцемент) і сталевих оболонок. Для протягання використовуються гідростанції, руйнування відбувається за допомогою насадок із радіально розташованими ножами, переваги методу є такими:

1. Використовуються старі тунелі, тому відпадає необхідність у проведенні робіт зі створення нового каналу. 2. Зростає безпека робіт, виключені можливі ризики пошкодження інших комунікацій. 3. Немає необхідності узгодження з діаметром старої труби, методику використовують для створення шахт великих розмірів кола.

## Методи продавлювання ґрунту

При закритих способах укладання трубопроводів (під дорогою, архітектурною спорудою) у відсутності старих ліній монтують захисний кожух, усередині якого розміщують робочу магістраль менших габаритів.

Як захисні оболонки використовують сталеві, зварні, з відкритим швом або спіральноршовні труби з товщиною, що залежить від технології укладання.

Протяжку захисних кожухів проводять за технологіями продавлювання, різними способами проколювання, горизонтального буріння, у великих містах для розміщення колекторних ліній і тунелів використовують щитовий метод підземної проходки.

## Проколювання

Технологія, за якою виконується проколювання, використовується при влаштуванні свердловин діаметром до 700 мм у ґрунтах із підвищеним вмістом глини. Сутність методу полягає в тому, що протикають земляні породи трубою з наконечником конусоподібної форми без її видалення, після чого ґрунт ущільнюється (рис. 1.46).



Рисунок 1.46 – Бестраншейне прокладання проколюванням

Продавлювання труб вимагає значних зусиль (до 3 000 кН). При великій протяжності сталева лінія не витримує навантаження, тому прохідною є відстань до 80 м.

Основним агрегатом для проведення такої процедури слугує гідравлічний домкрат. Роботи проводять у певній послідовності.

Проривають робочий і приймальний кар'єри з розмірами, що визначаються глибиною залягання і конструктивними габаритами бурової рами з домкратом, розміщують у них відповідне обладнання.

Готують труби стандартної довжини 6 м, покриваючи їх гідроізоляцією і встановлюючи наконечник відповідної форми, для невеликих відстаней використовують моделі з відкритим кінцем. Домкратами виконують механічне вдавлювання труби зі зміною напрямку ходу, зусилля передають через патрубки, шомполи і хомути. У процесі проколювання проводиться заміна патрубків із кроком 1 м на велику довжину поверненням штока домкрата у початковий стан і збільшенням їхнього розміру, поки довжина поглиблення не досягає 6 метрів.

Приварюють наступну трубу, встановлюючи патрубків найменшого розміру, і повторюють процедуру до тих пір, поки канал не буде повністю пройдений.

### **Гідропроколювання**

Використання водного тиску є ефективним способом проходу земляної породи, широко застосовуваним для буріння свердловин. За використання цього методу прохідна труба оснащується спеціальною насадкою, у яку під тиском подається вода. Для закачування використовують відцентрові електронасоси, відкачування бруду з ями проводять промисловими шламовими або дренажними агрегатами.

Технологія ефективно застосовується в добре розмивальних породах з піску, відрізняється простотою і хорошим темпом проходу (30 м за зміну), до недоліків відносять малу загальну довжину шахти (40 метрів для 200 мм та 20 м для 500 мм отворів) і важкі умови праці прохідників.

## **Вібропроколювання**

Використання техніки проколювання за допомогою вібрацій дозволяє прискорити проведення робіт із проколювання в піщаних і пливунних породах, технологія також широко використовується для вилучення старих трубопроводів із шахт. Швидкість проходки за використання ударно-вібраційних вдавлювальних установок УВВП-400 становить до 60 м на годину, максимальна довжина шахти 60 м.

## **Продавлювання**

Продавлювання трубопроводів відкритим кінцем з витяганням земляної пробки застосовують у будь-яких видах порід при протяжності свердловини до 100 метрів і трубного кола 800–1 720 мм. Спосіб проколювання застосовують для сталевих ліній, колекторів і тунелів із залізобетону. Під час робіт у ґрунт видавлюють трубний торець, оснащений ножом, а внутрішню пробку розробляють і беруть із забою.

Для вдавнення застосовують гідродомкрати у різній кількості, що працюють від електронасосів високого тиску, їхнє зусилля доходить до 3 000 кН, а хід штока лежить у діапазоні 1,1–2,1 м.

Якщо потрібно продавити отвір великого діаметра, використовуються потужні агрегати з домкратів, здатні створювати зусилля в 10 000 кН.

Для здійснення проколювання виривають кар'єри, довжина яких для становить до 12 м, а ширина 5 м. Стандартна глибина розташування береться на 0,2 м нижче висоти залягання прохідного каналу.

У приймальному кар'єрі виконують демонтаж кільцевого ножа після проходки, це визначає його робочі розміри. Встановлюють опорну стіну і напрямні, по яких переміщують труби, розміщують силові домкрати.

Процес продавлювання гідравлікою здійснюють із використанням патрубків, які періодично подовжують на довжину ходу штока, а після досягнення максимального поглиблення приварюють наступну трубу, і процес циклічно повторюють.

При проходженні залізобетонними виробами або колекторами не допускається прямий механічний вплив на їхній корпус, зусилля передається на натискну раму, яка поміщається між прохідним трубним торцем і патрубками, що передають енергію.

Виїмку ґрунту всередині труби здійснюють механізованим методом за допомогою телескопічного ковша (желонки, човника), які розміщуються всередині трубного каналу і витягується канатами після наповнення. Їхнє спорожнення проводиться через спеціальне розвантажувальне вікно, після чого вони за допомогою натискних патрубків знову спрямовуються в канал. Іноді для видалення ґрунту використовують гідророзмив і відкачування шламу помпами, подрібненням його гідромонітором і витягом з каналу шнековим способом.

Для промислової проходки широко застосовують віброударні установки (УВГ-51), у яких забивання відбувається за допомогою вібромолота, використання пневмопробійників особливо ефективно для шахт до 530 мм – при проході витяг ґрунту з каналу не потрібен.

### **Метод горизонтально направленої буріння (ГНБ)**

Розрізняють два види бурової проходки:

- *роздільна*. За цього способу спочатку бурами формують шахту, а після вилучення інструмента простягають лінію;
- *роєднана*. За цього виду буріння здійснюється разом із трубами, які просувають по каналу.

Установки горизонтального буріння (далі – УБ, УГБ) дозволяють виробляти прохід із укладанням лінії зі швидкістю до 19 м за годину за довжини шахти до 60 м. Діапазон розмірів пробурених отворів 325–1 420 мм. Більш продуктивні агрегати цього типу здатні прокладати магістраль до 120 м.

Проходка проводиться ножовими насадками з видаленням породи шнековим конвеєром, для великих розмірів використовується виконання пілотної свердловини малого діаметра (рис. 1.47). Після її проходки на шнек встановлюють спеціальний розширювач і переводять бурову установку у зворотний режим.

Хоча зусилля, застосовувані під час буріння, нижче, ніж при проколюванні, до значних недоліків способу відноситься необхідність транспортування ґрунту з пробуреної свердловини. Нові технології прокладки дозволяють уникнути такого недоліку – шахту прорізають ножами пропелерного типу з подальшим розкочуванням породи у затрубному просторі.

Ефективна методика проробки горизонтальних шахт – застосування самохідних пневмомашин (Крот), які утворюють канал із щільними стінами шириною 63–400 мм і довжиною до 50 м.

Пристрій становить самохідну пневмобашину ударного принципу дії з ударником, що здійснює поступальні і поворотні коливання під впливом стиснутого повітря. Підтримка точності заданого напрямку визначається значною довжиною корпусу, зворотному руху протистоїть тертя об земляні стінки.



Рисунок 1.47 – Спосіб направленої шнекової буріння

Безтраншейне прокладання трубопроводів є ефективним методом вирішення завдань у випадках, коли викопування траншей неможливо або економічно недоцільно. Під час проведення робіт використовується широкий ряд технічних прийомів із застосуванням спеціального обладнання, деякі технології можна успішно застосовувати у побуті.



## 1.12 Перехід трубопроводами через водні перешкоди

Під час будівництва водогосподарських та інших об'єктів, зокрема трубопроводів, часто виникає потреба прокладання їх через річки, озера, водосховища, канали та інші водні перешкоди. Трубопровід зазвичай вкладається в траншею, що розроблюється на дні. Глибина закладання трубопроводів під водними перешкодами, рахуючи від рівня можливого розмиву їх до верху труби, має бути не менше 0,5 м при прокладанні його під ріками, каналами, протоками та іншими водотоками і не менше 1 м при прокладанні його під судноплавними ріками. Розрахункові відмітки дна визначаються з урахуванням можливої зміни русла річки, розмиву берегів. Ширина траншеї у всіх випадках повинна перевищувати діаметр трубопроводу з навішеним вантажем не менше, ніж на 1 м і використовуватися залежно від швидкості її замулення та методу розробки. Для розробки траншей на дні водостоків застосовують різне обладнання. Екскаратори використовують у випадку перетину трубопроводами дрібних річок та струмків без додаткових заходів при глибині води до 1 м, а під прикриттям перемичок із тимчасовим відведенням води за глибини більше 1 м. (Робоче обладнання екскаватора: драглайн, зворотна лопата). Канатно-скреперні установки застосовують як на судноплавних, так і на несудноплавних ріках з швидкістю течії до 2,5 м/с. Скреперними установками можна розробляти усі види ґрунтів, включаючи розпушену вибухом скелю. Ширина траншеї, яка розробляється скреперною установкою, визначається розмірами ковша і коливається від 1 м до 2,5 м.

Гідромоніторні установки розробляють методом розмиву на глибину 5–6 м ґрунти всіх груп до слабкої розбірної скелі включно. Робота гідромонітора більш ефективна при високій швидкості течії води в річці, що сприяє інтенсивному виносу розмитого ґрунту. Глибина та ширина траншеї, що розробляється під водою гідромонітором, обмежуються швидким затуханням дії струменю по мірі збільшення відстані від торця гідромонітора до ґрунту. Для розмиву траншеї на більшу глибину, ґрунт розробляється пошарово. Розмив

грунту гідромонітором здійснює водолаз. Гідравлічні та пневматичні ґрунтовсмоктувальні установки використовують для розробки мулуватих, піщаних та гравелистих ґрунтів. Такі установки, що обладнані розпушувачами, можуть розробляти щільні ґрунти.

Укладання трубопроводів під водою можна здійснювати кількома способами. Опускання трубопроводу може здійснюватися з плавучих або стаціонарних опор. Цей спосіб містить у собі такі основні операції: спуск пліті із стапеля на воду, доставка її до місця вкладання, заведення у створ підводного переходу. Змонтована пліть труб транспортується у воду по рейках на вагонетках або роликах. Якщо немає можливості повністю змонтувати пліть на стапелі, її зварюють з окремих секцій довжиною 100–200 м і спускають на воду, поступово доточуючи. У такому випадку необхідно закріпити спущений кінець якорями, щоб запобігти вигину пліті під дією течії, вітру та хвиль, а також захистити її від випадкового навалу суден та плотів. Стапель для монтажу та зварювання пліті при прямолінійній ділянці річки у плані можна розташувати на пальових опорах. У цьому випадку довжина стапеля має дорівнювати довжині пліті, що зварюється. На місці переходу пліть розвертають, заводять у створ та закріплюють від зносу течії за допомогою плавучих опорних точок.

Встановлену в створ пліть заливають водою або додатково баластують для досягнення проектної маси. Після перевірки якості монтажу та випробувань на щільність пліть опускають на дно з допомогою тросів. Опускання трубопроводів зі стаціонарних опор принципово не відрізняються від опускання його з плавучих опор і застосовується тільки за відсутності судноплавства, а також відсутності плавучих засобів на будівництві. Опускання трубопроводу з криги може бути застосоване за будь-якого діаметра трубопроводу за товщини льоду, достатньої для утримування маси труб та вантажопідйомної техніки, та за швидкості течії не більше 2 м/с. Протягування трубопроводу дном застосовується для вкладання трубопроводу за наявності плавного рельєфу дна підводної траншеї та берегової смуги, на якій розташовано будівельний майданчик, а також за наявності на березі у створі переходу майданчика

достатньої довжини для влаштування стапеля та вузької колії з ухилом у сторону річки 0,001–0,005. Перед протягуванням на кінець головної секції приварюється спеціальна конусоподібна заглушка, яка є одночасно оголовком секції, за яку чіпляється тяговий трос.

Укладання трубопроводу методом поступового доточування застосовують під час спорудження підводних переходів через озера, затоки та водойми великої ширини.

Заздалегідь заготовлені на березі секції довжиною 24, 36 або 48 м завантажують на баржу і доставляють до плавучої бази, де зварюють раніше занурені та знов доставлені секції, контролюючи якість зварювання та ізоляцію стиків. Для запобігання спливання трубопроводів, прокладених по дну водостоків, його баластують додатковим вантажем. Трубопровід повинен мати від'ємну плавучість, тобто повинна витримуватись умова:  $q < P$ , де  $q$  – розрахункова вага води, що витиснута 1 м трубопроводу, або виштовхувальна сила води на 1 м трубопроводу;  $P$  – розрахункова вага 1 м трубопроводу (з ізоляцією, футеровкою тощо) на повітрі.

Найбільшого розповсюдження набув спосіб обваження трубопроводу залізобетонним вантажем сідлоподібної форми або рознімним чавунним, який складається з двох напівкілець, що скріплюються болтами.

### **Питання для самоперевірки**

1. Які підготовчі роботи виконуються перед початком будівництва трубопроводів?
2. Які механізми використовуються для розробки траншей?
3. Назвіть труби, що використовуються для влаштування трубопроводів.
4. За якою схемою укладаються сталеві труби у траншею?
5. Назвіть порядок зворотної засипки трубопроводу.
6. Яким способами і для чого виконуються випробування трубопроводів?

## 2 ПЕРЕРОБЛЕННЯ ҐРУНТУ ГІДРОМЕХАНІЧНИМ МЕТОДОМ

*Гідромеханічний спосіб* виконання земляних робіт базується на використанні кінетичної енергії води для розроблення, транспортування та укладання ґрунту. Сутність гідронамиву полягає в тому, що за допомогою струменя води, який подається гідромонітором у забій під великим напором і з великою швидкістю, проводиться розмивання ґрунту або за допомогою землесосних снарядів ґрунт всмоктується з води (рис. 2.1).



Рисунок 2.1 – Гідромеханічний спосіб виконання земляних робіт

Ґрунт із водою (пульпу) переміщують відкритими канавами або лотками, якщо ухил місцевості дає змогу транспортувати пульпу самопливом чи по відкритих трубах.

### 2.1 Сфера і умови застосування гідромеханізації

Гідромеханізація широко розповсюджена. Її застосовують у гідротехнічному, енергетичному, транспортному та водогосподарчому будівництві, у гірській справі, у кольоровій металургії тощо. За допомогою гідромеханізації розробляють різноманітні виїмки та канали, виконують гідравлічну класифікацію піщано-гравійних матеріалів, добувають корисні копалини, намивають території, хвостосховища, земляні греблі, дамби тощо.

Можливість застосування гідромеханізації залежить від характеру ґрунтів, наявності води та електрики.

Взагалі усі ґрунти підлягають розробці, транспортуванню та укладанню засобами гідромеханізації. Але не всі ґрунти, що розроблені засобами гідромеханізації, можна використовувати для якісного укладання. Найбільш здатні для розробки та намивання піщані та гравелисто-піщані ґрунти.

Вода є основним засобом виконання земляних робіт способом гідромеханізації і тому має бути у достатній кількості на місці його застосування. Кількість води, необхідної для розробки та транспортування 1 м<sup>3</sup> ґрунту, знаходиться у межах від 3,5 м<sup>3</sup> до 30 м<sup>3</sup>. Кількість електрики, необхідної для переробки 1 м<sup>3</sup> ґрунту, складає у середньому 3,5 – 5 кВт·год.

Гідромеханізація відрізняється від інших способів земляних робіт безперервністю та поточністю технологічного процесу, простотою та економічністю. Під час транспортування ґрунту водою не потрібно ґрунтовозних доріг, а гідравлічне укладання ґрунту не пов'язано із застосуванням зволожувальних, розрівнювальних та ущільнювальних механізмів.

Порівняно із насипним способом зведення земляних споруд гідромеханізація дозволяє скоротити терміни будівництва та знизити вартість споруд, що зводяться. Трудомісткість намивних споруд у 3–6 разів нижча, ніж за насипного способу.

До недоліків способу потрібно віднести можливість заболочування території та водного джерела при намиванні. Умовами застосування цього способу є такі: наявність достатньої кількості води, зосередженість робіт, здібність ґрунту розмиватися в забої та швидке віддавання води під час укладання, сприятливий рельєф, наявність джерел енергії. Ступінь насичення пульпи ґрунтом характеризується відношенням обсягу ґрунту до обсягу води у пульпі. Витрати на розмивання 1 м<sup>3</sup> ґрунту обумовлюється його зв'язаністю та щільністю й коливаються у межах 3–10 м<sup>3</sup>.

У будівництві цей спосіб буде ефективним на розкривних роботах під час розроблення кар'єрів, великих за обсягом виїмок (завглибшки не менше ніж 2 м), розташованих поблизу великих насипів, що зводяться; на днопоглиблювальних роботах під час влаштування берегових ділянок, для транспортування ґрунту, розробленого екскаваторами, тощо.

## 2.2 Базові схеми виконання робіт

Під час виконання земляних робіт використовують певні схеми гідромеханізації.

1. *Розроблення ґрунту за допомогою гідромоніторів і транспортування самопливом*: застосовується, коли різниця відміток місць розроблення ґрунту гідромоніторами й укладання його дає змогу переміщувати гідросуміш самопливом по канавах або лотках (рис. 2.2).

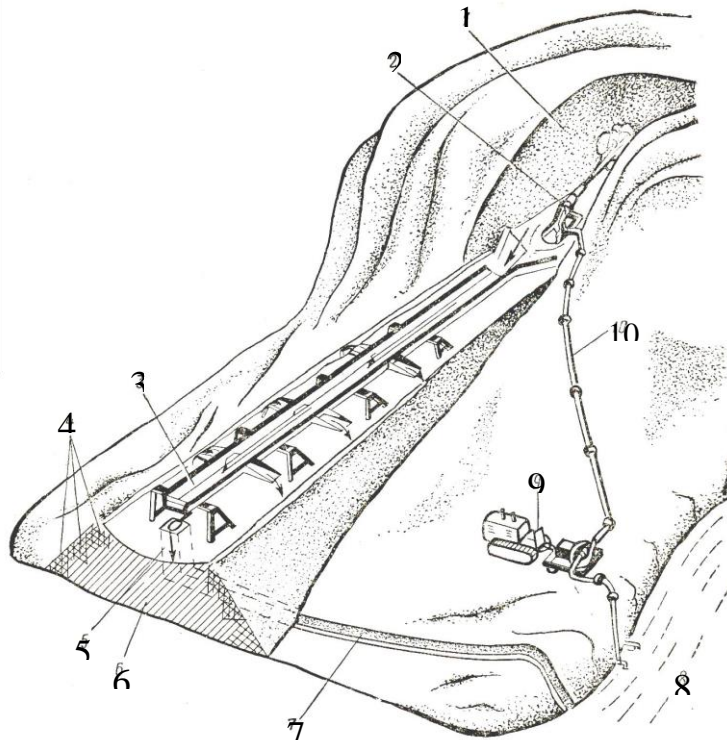


Рисунок 2.2 – Розроблення ґрунту за допомогою гідромонітора з транспортуванням гідросуміші самопливом по лотку:

- 1 – забій; 2 – гідромонітор; 3 – лоток; 4 – валики;  
5 – дренажний колодязь; 6 – насип; 7 – скидна канава; 8 – водойма;  
9 – насосна установка; 10 – напірна магістраль

2. Розроблення ґрунту за допомогою гідромоніторів і транспортування під напором: застосовують, коли різниця відміток не забезпечує рух гідросуміші. У такому разі її потрібно переміщувати по трубах під напором (рис. 2.3). Ґрунт, розмитий гідромонітором, стікає в приямок, звідки пульпу засмоктує пересувна землесосна установка і подає по трубах на ділянку наміву.

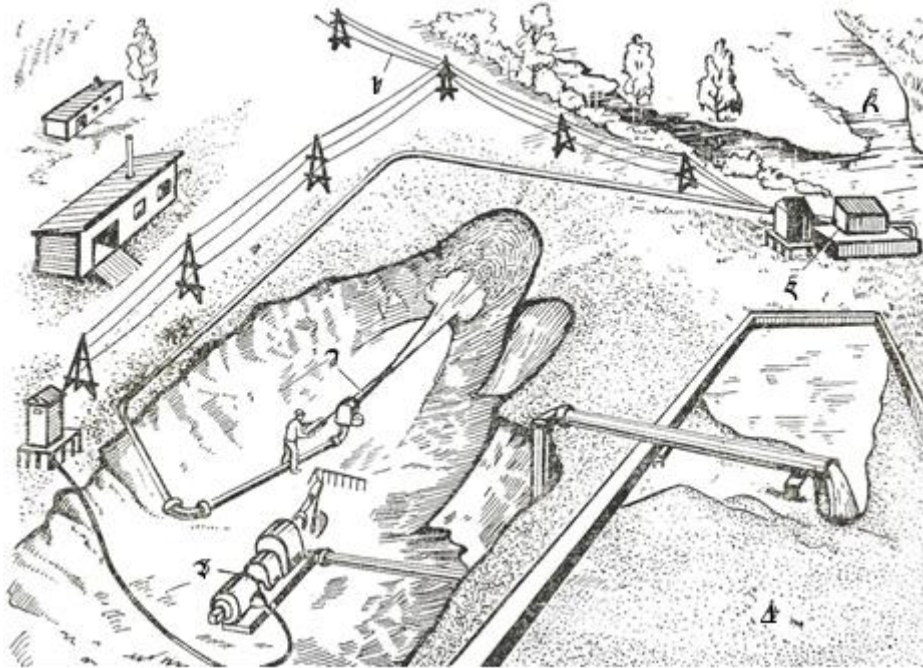


Рисунок 2.3 – Розроблення ґрунту гідромонітором із транспортуванням гідросуміші під напором по трубах:

- 1 – лінія електропередачі; 2 – гідромонітор; 3 – землесос;
- 4 – ділянка наміву; 5 – насосна станція; 6 – річка

Під час розроблення ґрунту за допомогою зустрічного забою гідромонітор встановлюють внизу (біля підшви) забою на відстані (за умовами охорони праці), що не менша за висоту забою в піщаних ґрунтах і півтори його висоти в щільних глинистих ґрунтах. Від забою пульпа стікає до приямка землесоса під час транспортування під напором або до оголовка лотка під час транспортування самопливом.

Для розмивання ґрунту за допомогою попутного забою гідромонітор установлюють на верхній брівці забою.

Під час розроблення ґрунту зустрічним забоем питома витрата води на розмив ґрунту менша, ніж під час попутного забою, але на машиніста гідромонітора діють бризки води, а отже, він і працює в складніших умовах.

Для уникнення перерв у роботі під час пересування гідромонітора доцільно розмивати ґрунт у двох забоях одночасно: в одному забої пересувається гідромонітор, а в другому забої інший гідромонітор розмиває ґрунт.

3. *Розроблення ґрунту плавкими землесосними снарядами:* застосовують, коли ґрунт перебуває під водою або коли в місці розроблення можна створити штучне затоплення.

Землесосний снаряд (рис. 2.4, 2.5) засмоктує ґрунт разом із водою, а отриману пульпу по трубах скеровує до місця намивання насипу.

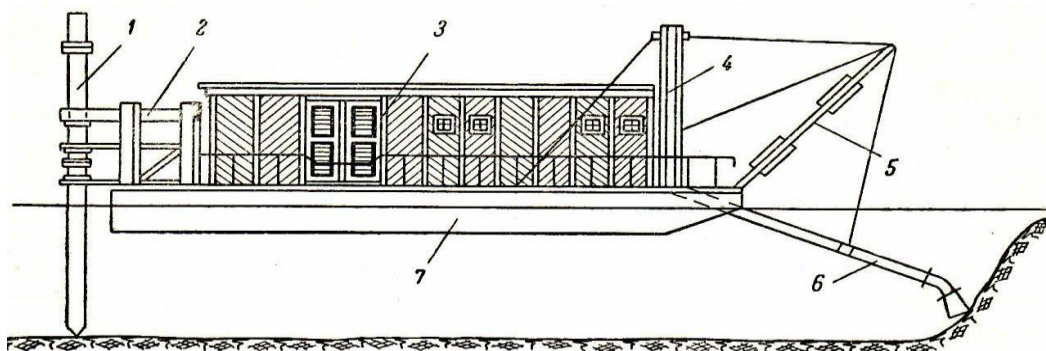


Рисунок 2.4 – Плавучий землесосний снаряд (вигляд збоку):

1 – паля; 2 – фундамент апарату; 3 – палубна надбудова; 4 – портална рама;

5 – стріла; 6 – усмоктувальна труба; 7 – металевий понтон





Рисунок 2.5 – Транспортування ґрунту землесосними снарядами

Для отримання пульпи потрібно забезпечити постійний контакт усмоктувального пристрою з поверхнею ґрунту, тому розробляти ґрунт потрібно, безперервно пересуваючи землесосний снаряд. Цей процес називають *папільонуванням* (рис. 2.6). Папільонування здійснюють за допомогою двох палів, розташованих на кормі плавучого землесосного снаряда, і якорів, що закидаються перед снарядом. Землесосний снаряд підтягують до одного з якорів, унаслідок чого він повертається навколо однієї палі, яку закріплюють у дно забою. Другу палю в цей час піднімають.

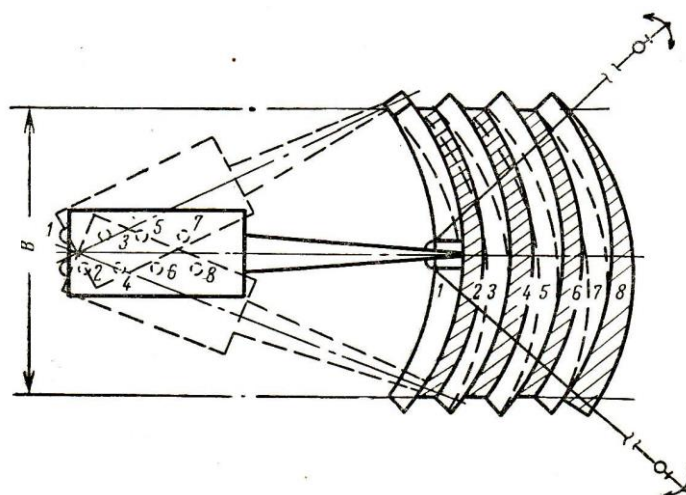


Рисунок 2.6 – Розроблення ґрунту плавким снарядом способом папільонування:

1, 2, 3 ... – положення плавкого снаряда

Після повороту снаряда до межі забою його підтягують до протилежно закинутого якоря й повертають навколо іншої палі, яку до цього опускають на дно забою, тоді як першу палю піднімають. Переганяти візок потрібно в момент розташування снаряда вздовж осі виробки.

Для зниження вартості й підвищення продуктивності гідромеханізованих робіт необхідно максимально збільшувати підвищення консистенцію пульпи, забезпечуючи її рівномірність. Консистенцію пульпи у трубах можна контролювати за допомогою радіометричних приладів.

До насипів, зведених засобами гідромеханізації, висуваються ті самі вимоги, що й до насипів під час зведення їх землерийними машинами, тобто насипи по всій площі необхідно намивати з однорідних стійких ґрунтів.

Відомо два способи намивання ґрунту: *естакадний* і *безестакадний* (рис. 2.7). У разі застосування естакадного способу пульпа надходить на карту намиву по розподільних пульповодах, укладених на дерев'яних естакадах. Насип намивають через регульовані випуски, влаштовані в пульповоді. Після закінчення намивання в насипах вільними залишаються майже всі дерев'яні частини естакади, що погіршує якість насипів і призводить до втрати лісового матеріалу. Використання естакадного способу потребує витрачання 2,5–3,5 м<sup>3</sup> лісу на 1 тис. м<sup>3</sup> ґрунту.

Протягом останніх років майже усі інженерні споруди зводилися безестакадним способом намивання з розподільного трубопроводу, покладеного безпосередньо на поверхню, що намивають. Пульпа випускається зосереджено, із кінцевої ланки труби.

У процесі намивання труби нарощують краном із малим тиском на ґрунт або екскаватором, обладнаним гаком для піднімання труб. У цьому разі можна обвалювати карти в перервах між нарощуванням або розбираючи труби. За безестакадного способу застосовують розтрубні труби, які легко нарощувати й демонтувати краном у процесі намивання. За безестакадного способу кількість робочих на ділянці намиву скорочується удвічі.

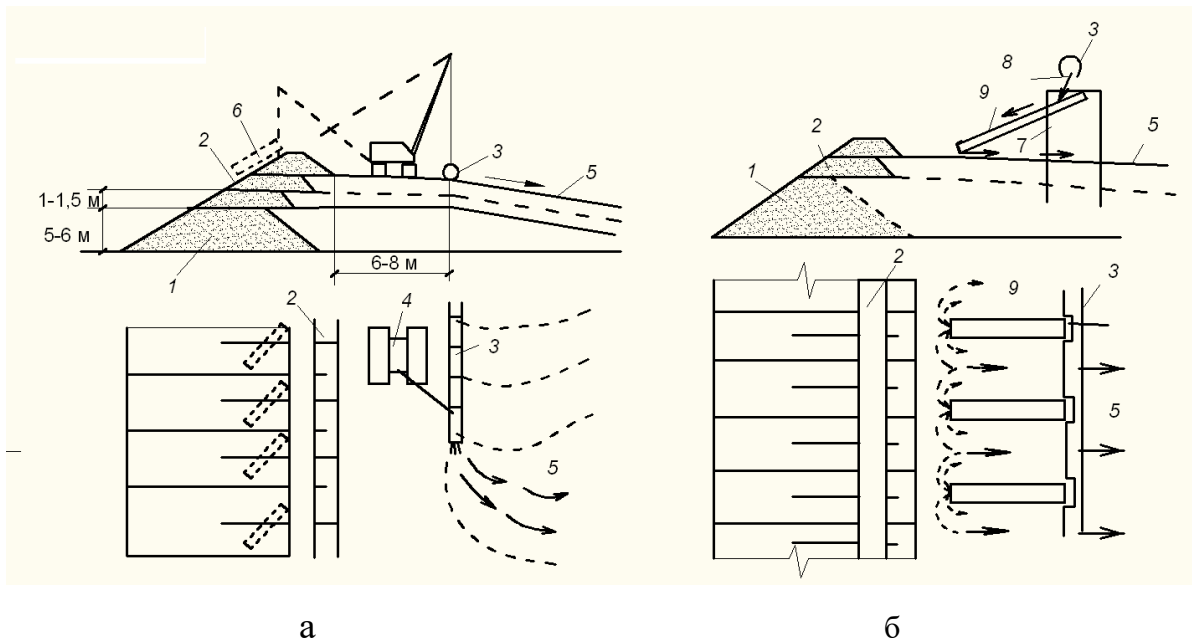


Рисунок 2.7 – Способи наміву:

- а – безестакадний; б – естакадний; 1 – дамба початкового обвалування;  
 2 – дамби проміжного обвалування; 3 – пульповід; 4 – кран для перестановки  
 пульпопроводу; 5 – пляж наміву; 6 – розташування вільних ланок пульповоду;  
 7 – естакада; 8 – отвори в пульповоді, що регулюються;  
 9 – лотки

Процес намівання розпочинають із випускання пульпи з торця першої ланки трубопроводу, покладеного на початку карти, і ведуть до утворення перед ним відкладення шару ґрунту необхідної товщини. Потім нарощують другу ланку трубопроводу без перерви в подаванні пульпи та подальшого намівання ґрунту тієї самої товщини. Унаслідок послідовного нарощування труб із безперервним випуском пульпи відбувається тонкошарове намівання ґрунту по всій довжині карти наміву. У такий самий спосіб проводять намівання під час розроблення розподільного трубопроводу. У процесі його вкорочування кінець останньої ланки спочатку піднімають краном на висоту, що відповідає товщині намівного шару, а після намівання ґрунту трубу від'єднують. Намівання супроводжується човниковим рухом крана під час нарощування й розбирання трубопроводу. Товщина шару намівання залежить від особливостей ґрунту й потужності землесосного снаряда. Для піщаних ґрунтів і продуктивності землесосного снаряда 300–500 м<sup>3</sup>/год вона

дорівнює 0,6–0,7 м під час нарощування розподільного пульпровада і 0,2 м – під час його вкорочування.

Відсутність естакад дає змогу повністю механізувати роботи щодо влаштування обвалування. Його виконують зазвичай бульдозером або екскаватором. Цей спосіб можна застосовувати, якщо намивні ґрунти швидко віддають воду, що забезпечує пересування крана на широких гусеницях у процесі намивання. При глинястих ґрунтах цей спосіб застосовувати не можна.

Крім безестакадного способу, застосовують низькоопорний спосіб намивання. Товщина намивного шару низькоопорним способом становить 1,0–1,2 м. Після намивання насипу до зазначеної висоти стояки витягують із намитого ґрунту і встановлюють вище.

У разі незначної інтенсивності намиву (до 0,1 м/добу) досягається гранична щільність насипів, у разі інтенсивності 1,0 м/добу щільність укладання наближається до щільності ґрунту в гранично пухкому стані. Отже, інтенсивність намивання, що залежить від гранулометричного складу ґрунту та фільтраційної здатності основи, не повинна перевищувати для дрібних пісків 0,2–0,3 м/добу, для великих – до 0,5 м/добу.

Під час намивання насипів потрібно відводити скидну воду за межі намивної карти. Застоювання води на площі карти може призвести до утворення глинястих лінз.

### **Питання для самоперевірки**

1. Від чого залежить можливість застосування гідромеханізації?
2. Чим відрізняється гідромеханізація від інших способів земляних робіт?
3. Переваги та недоліки способу гідромеханізації.
4. Які вимоги висувають до ґрунтів, які використовують для намивання земляних споруд?
5. Розкрийте сутність намивання земляних споруд.

### **3 БУДІВНИЦТВО ГІДРОТЕХНІЧНИХ СПОРУД НА ГІДРОМЕЛІОРАТИВНИХ СИСТЕМАХ**

Гідротехнічні споруди допомагають здійснювати певні водогосподарські заходи щодо використання водних ресурсів і для захисту від шкідливої дії води. До гідротехнічних споруд загального призначення належать:

- споруди, що затримують воду та створюють перепад рівнів води (греблі, дамби);
- водозабірні споруди;
- водоводи (енергетичні, зрошувальні, водопостачальні тощо);
- водоскидні споруди;
- регуляційні споруди.

Гідротехнічними спорудами спеціального призначення є:

- споруди для використання водної енергії (наприклад, будинки ГЕС, напірні басейни тощо);
- споруди водного транспорту (судноплавні шлюзи, суднопідіймачі, причальні споруди, пірси, маяки, лісоспуски тощо);
- гідромеліоративні комплекси (наприклад, магістральні та розподільні зрошувальні канали, шлюзи-регулятори зрошувальних та осушувальних систем, відстійники, дренажні комплекси);
- споруди для водопостачання та каналізації (каптажі, насосні станції, водонапірні вежі, очисні споруди та ін.);
- споруди для рибного господарства (наприклад, рибопідійомники, рибопропускні споруди, рибоводні ставки й басейни).

Гідротехнічні споруди бувають річкові, морські й озерні; наземні та підземні.

#### **3.1 Класифікація споруд і види робіт**

Під час будівництва гідромеліоративних систем широко використовуються різні види гідротехнічних споруд, що зводяться із монолітного бетону та збірного

залізобетону. Бетонні і залізобетонні гідротехнічні споруди за конструктивними ознаками та способами їхнього будівництва поділяються на дві групи: монолітні і збірні. Монолітні бетонні споруди зводяться на місці з бетонної суміші, що доставляється з бетонного заводу чи установки. З монолітного бетону зазвичай будуються великі гідровузли, підземні частини насосних станцій тощо. Невеликі гідротехнічні споруди на меліоративних системах практично повсюдно будують зі збірного залізобетону. Збірні гідротехнічні споруди, що влаштовуються на меліоративній системі, називаються мережевими. Конструктивні вирішення цих споруд передусім залежать від типу меліоративної мережі: відкриті канали, лоткові канали, закриті трубопроводи, дренаж у зоні зрошення чи осушення. Для забезпечення роботи меліоративної мережі на площі 1 000 га необхідно змонтувати 40–170 гідроспоруд при загальному обсязі залізобетонних робіт 200–250 м<sup>3</sup>. На меліоративних системах будуються водовипуски різного призначення, відкриті і закриті (трубчасті) регулятори, перепади і швидкоотоки, дюкери й акведуки (трубчасті і лоткові), мости і трубчасті переїзди. Мережеві споруди на меліоративній системі зазвичай мають збірно-монолітну конструкцію з коефіцієнтом збірності 0,6–0,9 (відношення обсягу збірних елементів у споруді до всього обсягу бетону в ньому).

До складу робіт зі зведення гідротехнічних споруд збірної конструкції входять такі технологічні процеси:

- підготовчі операції (видалення каменів, дерев і пнів, зняття рослинного шару);
- геодезична і будівельна розбивка, доставка і складування залізобетонних виробів та інших матеріалів на будівельний майданчик;
- влаштування котлованів і організація водовідливу;
- підготовка основи й вкладання фільтрів, забивання паль, шпунтів і влаштування протифільтраційних завіс;
- вкладання монолітного бетону там, де це передбачено проектом;
- монтаж збірних частин споруд із формуванням стиків;

- зворотна засипка пазух ґрунтом;
- влаштування кріплень у нижньому і верхньому б'єфі;
- монтаж металоконструкцій.

Залежно від виду споруди окремі процеси можуть бути відсутні. З повної вартості збірної гідротехнічної споруди (100 %) на частку вартості блоків і матеріалів припадає в середньому 50 %, на транспортування виробів і споруд – 30 %, на частку всіх інших видів робіт – 20 %.

### 3.1.1 Транспортування залізобетонних виробів на будівельний майданчик

Процес транспортування виробів із заводів та полігонів до місця монтажу у водогосподарському будівництві має певні особливості: значні відстані переміщення; потреба у кранах для вантаження і розвантаження виробів на початку та в кінці рейсу, а інколи і для перевалки вантажів із транспортних засобів одного виду на транспорт іншого виду; переміщення поганими шляхами, а часто-густо бездоріжжям. Спосіб транспортування виробів вибирають за місцем розташування об'єкта. Насамперед використовують існуючі залізничні та автомобільні шляхи.

Засоби транспорту вибирають згідно з обсягами робіт, термінами їхнього виконання, відстанню переміщення, масою виробів та їхньою формою, умовами, що склалися на транспортних шляхах, кількістю однотипних блоків. Найбільш розповсюдженим є автомобільний транспорт із застосуванням бортових автомобілів вантажністю 2,5–12 т. Для переміщення великих партій виробів рекомендується використовувати напівпричепи. Довгомірні вироби потрібно перевозити на трейлерах (рис. 3.1), спеціальних причепах (панелевозах, лотковозах тощо).



Рисунок 3.1 – Перевезення наддовгих деталей великовантажним транспортом

Залізничний транспорт використовують під час транспортування деталей на далекі відстані, як проміжний транспорт від заводу до перевалочного прирейкового складу. Під час транспортування збірних залізобетонних виробів можуть виникати такі їхні пошкодження:

- відколи при ударах одне об одне або об дно та борти кузова;
- тріщини та розлами через неправильно вибрані місця обпирання або захвату.

Для запобігання ударам, зсувам та розвалу штабелів деталей, що транспортуються, застосовують підкладки, стояки з дошок та брусів і такі пристрої, як шаблони, касети.

### 3.1.2 Організація монтажних робіт

Організація монтажних робіт залежить від типів споруд, їхньої кількості та термінів будівництва. Для монтажу нескладних конструкцій (оглядові, регульовальні колодязі, дренажні гирла тощо) долучаються ланки з 2–3 робітників, а для спорудження більших об'єктів створюються спеціалізовані або комплексні бригади.

На кожну споруду складають технологічну карту, яка визначає місця складування збірних залізобетонних конструкцій, послідовність виконання різних видів робіт, порядок і послідовність встановлення окремих збірних елементів під час їхнього монтажу.



Одночасно монтажні роботи можна вести на одному, двох або кількох об'єктах. За невеликої кількості (1–3) споруд, що монтуються одночасно, бригада монтажників встановлює всі елементи у певній послідовності відповідно до технологічної карти, переходячи від однієї споруди до іншої. Цей спосіб дозволяє більш повно використовувати робочий час кранів, без частих переміщень їх з однієї монтажної позиції на другу. За великої кількості споруд, що монтуються одночасно, бригада монтажників розбивається на спеціалізовані ланки. Такий спосіб дозволяє використовувати спеціальні засоби транспорту для перевезення бетонних блоків, одні і ті ж монтажні та захватні пристрої. При масовому будівництві споруд можливо вести встановлення елементів в робоче положення безпосередньо з платформ транспортних засобів, так званий «монтаж з коліс». Якщо важко або неможливо узгодити транспортні або монтажні операції так, щоб організувати «монтаж з коліс», застосовується проміжне складування. Доставлені до місця монтажу вироби розвантажують і складують так, щоб уникнути додаткового переміщення їх перед встановленням. Деталі повинні знаходитися в зоні дії крану, який встановлюється на певних монтажних позиціях відповідно до раніше складеної схеми монтажу.

### 3.1.3 Обладнання для монтажних робіт

Виконання технологічних операцій із монтажу гідротехнічних споруд пов'язано з широким використанням різноманітних монтажних пристроїв. Стропування та підвішування виробів до гака крана виконують за допомогою вантажозахватних та стропувальних пристроїв: строп різних конструкцій, скоб, карабінів, хомутів, траверс, захватів, електромагнітів, вакуумних присосів тощо. Під час вибору того чи іншого пристрою прагнуть того, щоб виріб, знаходячись у підвішеному стані, не зазнавав непередбачених напруг, займав зручне положення у просторі при вкладанні його на транспортний засіб, у штабель для тимчасового складування або встановлення у споруду, та був надійно застрахований від зриву та падіння. Стропи становлять відрізки тросів,

ланцюгів із кільцями або гаками для безпосереднього захвату виробів. Кріплення може здійснюватися в одній, двох, трьох або чотирьох точках залежно від форми та розмірів виробу. Для підняття довгих виробів-балок, плит в горизонтальному положенні застосовують траверси. Брус траверси сприймає горизонтальні складові зусиль від сили ваги виробу.

Для підняття довгомірних виробів (стояків, колон, паль) та переміщення їх у вертикальному положенні застосовують хомути та захвати.

Вибір вантажопідйомного крану виконується за трьома основними параметрами: максимальної вантажопідйомності, вильоту стріли і висоти підйому гака. Перевага віддається крану, що задовольняє всім цим умовам під час монтажу найбільшого за масою блока і за найменшої вартості машино-години його роботи. Під час монтажу невеликих збірних споруд на меліоративних системах застосовуються переважно мобільні вантажопідйомні стрілові крани – автомобільні, тракторні крани і крани-екскаватори. Перед монтажем конструкції необхідно перевірити: положення заставних деталей і необхідних рисок; правильність і надійність закріплення вантажозахватних пристроїв; готовність робочого місця до прийому блока, що укладається.

#### 3.1.4 Способи і методи монтажу збірних залізобетонних конструкцій

Під час будівництва гідротехнічних споруд на меліоративних системах, залежно від конструкції та складу споруди, використовуються декілька способів монтажу збірних елементів. Найбільш розповсюдженим способом монтажу конструкцій є *спосіб нарощування*, який характеризується вільним підняттям та послідовною подачею елементів, що монтуються згори вниз до раніше змонтованих елементів (рис. 3.2). *Спосіб підрощування* полягає в тому, що елементи, які монтуються, подаються знизу вгору до раніше змонтованих елементів.

Існує також *спосіб монтажу конструкцій поворотом* у горизонтальній чи вертикальній площині. Подача поворотом у горизонтальній площині найчастіше

є складовим елементом монтажу при орієнтуванні над проєктними відмітками. Поворот у вертикальній площині полягає у радіальному переміщенні конструкцій навколо нерухомої точки, грані або шарніру.

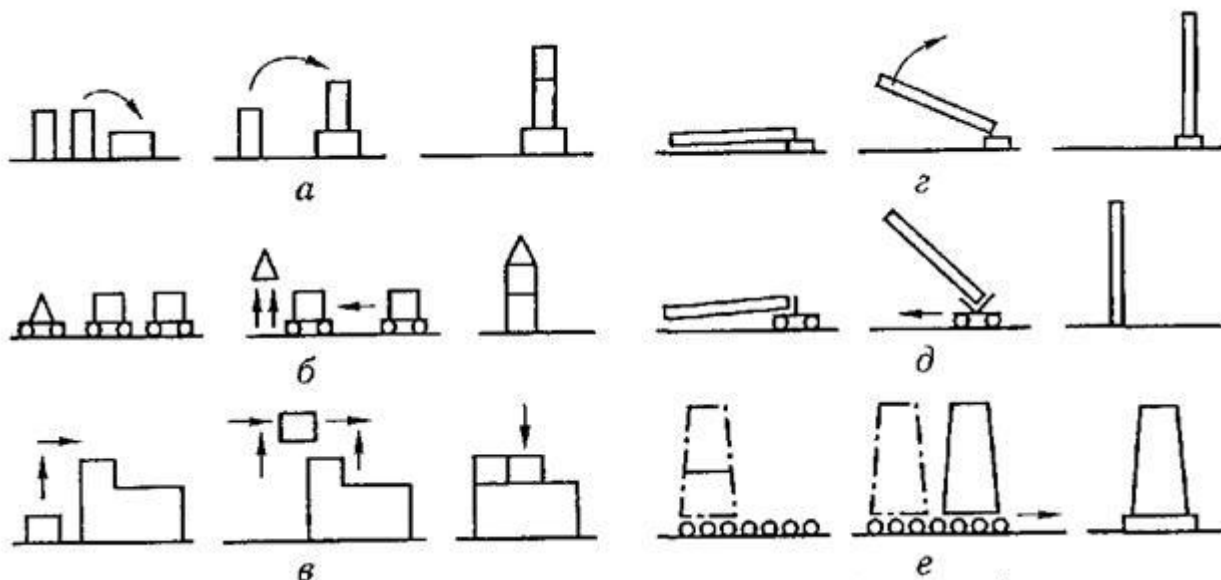


Рисунок 3.2 – Основні способи монтажу конструкцій:

а – наращуванням; б – підрощуванням; в – підніманням зі складним переміщенням; г – поворотом; д – поворотом із ковзанням; е – насуванням

*Поелементний монтаж* – монтаж конструктивними елементами (колони, плити, ферми). Цей метод має найбільше розповсюдження тому, що вимагає мінімальних витрат на підготовчі роботи і більш зручний для транспортних засобів, а кількість монтажних підйомів при цьому є максимальною.

*Монтаж блоками* – із геометрично незмінних блоків, попередньо зібраних із окремих елементів. Такі блоки можуть бути плоскими, просторовими. За цього методу знижується кількість монтажних підйомів, виключається виконання на висоті більшості монтажних операцій, але необхідні для монтажу крани великої вантажопідйомності. Монтаж споруд повністю полягає у зборці всієї споруди у нижньому положенні, одночасному підйомі й установці в проєктне положення. Цим методом монтують опори ліній електропередач, труб, етажерок.

*Метод насуву.* Зборку конструкцій виконують осторонь від постійних опор. У проектне положення блок насувають по накатаних шляхах.

Залежно від послідовності установки окремих монтажних елементів розрізняють роздільний, комплексний і комбінований методи монтажу.

*Роздільний монтаж.* Установлюють, вивіряють і остаточно закріплюють послідовно однойменні конструктивні елементи.

*Комплексний монтаж.* Установлюють, вивіряють і закріплюють усі конструкції одного осередку будинку.

*Комбінований метод* – це поєднання роздільного й комплексного методів монтажу.

### 3.1.5 Орієнтування та встановлення конструкцій

Орієнтування у просторі елемента, що монтується на заключній стадії підняття – подачі, забезпечує максимальне наближення його до проектного планового і висотного положення, ступінь наближення залежить від виду конструкцій та способу їхнього сполучення. Встановлення елемента, що монтується на опорну поверхню, є заключною стадією орієнтування. Розрізняють такі види монтажу: вільне, обмежено вільне та примусове. Вільне встановлення виконується монтажниками вручну без застосування будь-яких засобів чи пристроїв. Орієнтування здійснюється візуально шляхом співставлення орієнтирів або спеціальних рисок. Такій спосіб застосовують для довгомірних конструкцій (колони, щогли тощо).

Обмежено-вільне встановлення передбачає використання спеціальних пристроїв, частково обмежуючих свободу переміщення елементів, що монтуються, в одному або кількох напрямках. Таке встановлення використовують для всіх елементів, що мають статичну сталість та з низьким розташуванням центра ваги і кількома точками або площинами обпирання (плоскі горизонтальні елементи-плити покриття та плити перекриття, об'ємні та просторові блоки фундаментів тощо). Обмежено-вільне встановлення

передбачає використання обмежуючих пристроїв (у складі монтажного обладнання або на самих виробках), фіксаторів, шаблонів, лінійних та кутових упорів, які дозволяють на останній стадії встановлення елемента обмежити його рух. Примусове встановлення здійснюється методом примусового орієнтування та встановлення конструкції у проектне положення, завдяки застосуванню кондукторних пристроїв або замкових з'єднань конструкцій, які монтуються.

### 3.1.6 Тимчасове закріплення конструкцій

Тимчасове закріплення конструкцій – операція, що забезпечує їхню стійкість у проектному положенні на період вивірки і постійного закріплення. Засоби тимчасового кріплення підрозділяються на індивідуальні й групові. Індивідуальні засоби кріплення – клини, розчалки, підкоси, фіксатори.

Клини та вкладиші (рис. 3.3) застосовують для тимчасового закріплення довгомірних елементів (колон, стовпів, фундаментів скляного типу, стоек лотків тощо).

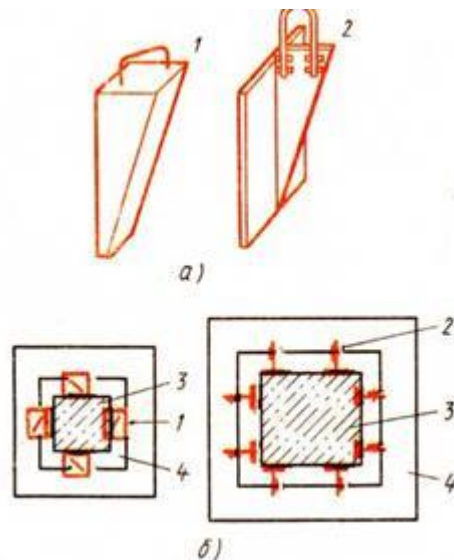


Рисунок 3.3 – Кріплення колони клинами: а) клини, б) кріплення колони клинами у фундаменті

1 – з/б клин, 2 – сталевий клин, 3 – колона, 4 – стакан фундаменту

Розчалки (рис. 3.4) забезпечують кріплення вертикальних стоячих довгомірних та плоских конструкцій (колон, щогл, кроквяних конструкцій).

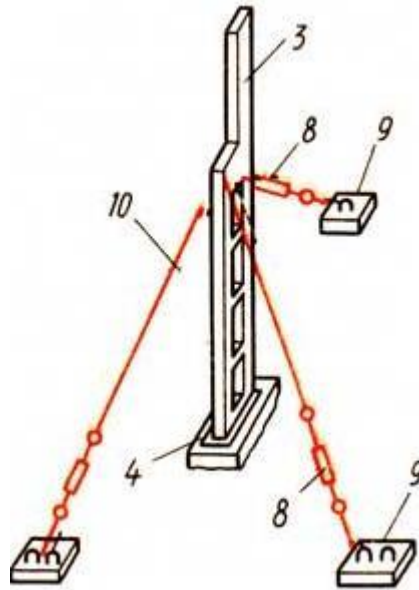


Рисунок 3.4 – Розчалування колони:

3 – колона, 4 – стакан фундаменту, 5 – гвинт з рукояткою, 6 – бобишка,  
7 – клин, 8 – фаркопф, 9 – якір або монтажна петля масивної конструкції,  
10 – розчалування

Групові засоби передбачають закріплення декількох монтажних елементів і конструкцій. До цих засобів належать групові кондуктори і спеціальні пристрої.

### 3.2 Зведення дамби

Дамбою називається трапеподібний земляний насип (або бетонна споруда) на території водойми, функція якої – створювати бар'єр для вільного переміщення води. Аналог греблі, тільки зі спрощеною конструкцією і розрахований на менші навантаження. Греблі частіше споруджуються із залізобетону, основний матеріал будівництва дамби – ґрунт.

### 3.2.1 Види і функції дамби

Дамби мають різне призначення: пристрій в акваторії резервуара для розведення риби; будівництво захисних дамб із метою корекції водного потоку і запобігання руйнувань будівель лавиною води; будівництво гідроелектростанцій; протихвильові дамби – морські. Наприклад, хвилерізи. Споруджуються для захисту берега від цунамі, штормових припливів і інших небезпечних факторів; будівництво дамби ставка в дачному товаристві може знадобитися для окультурення ландшафту, сама загата – для пожежних та інших господарських цілей тощо.

Дамба може бути штучного і природного походження. Природні – це річкові затори з колод, завданих потоком протягом часу, боброві загати та наслідки інших природних факторів.

Штучна дамба може складатися з різних матеріалів. Ці дамби поділяються залежно від способу споруди на насипні, наливні, вибухові (сформовані спрямованим вибухом); із каменів або кам'яної кладки; бетонні; кам'яно-земляні. Спорудження може бути стаціонарним і тимчасовим. Будівництво тимчасової дамби потрібно, наприклад, у разі повені: вона потрібна, поки рівень води у водоймі високий, а в штатній ситуації буде тільки заважати нормальній течії.

### 3.2.2 Структура дамби

Ґрунтова, кам'яно-ґрунтова дамба складається з декількох частин. У розрізі вона виглядає так: основа; ядро; тіло (основний масив ґрунту); кам'яне посипання. При іншому способі пристрою вся споруда може бути складена однорідним водопроникним ґрунтом (пісок, супісок, гравій). Глини і інші породи, які утримують вологу, у тілі дамби не використовуються. Із них можна зробити щільну підставу для конструкції або глиняний замок.

По верхній площині дамби може проходити автострада або залізниця. У цьому випадку висота над водою повинна бути відповідною, щоб полотно не затоплювалося навіть за найвищого рівня води (не менше метра над високою водою). Ширина залежить від ширини дороги і повинна відповідати розрахунковим параметрам стійкості.

Для інших дамб (у дачно-садових, приватних господарствах) достатньо півметра над рівнем води. Ширина гребня варіюється: у маленькому ставку – близько метра. Відношення ширини підосви до висоти споруди – 2,5 до 1. У високих схилах для підвищення стійкості робляться горизонтальні ступені – берми, зі кроком 2–8 метрів.

### 3.2.3 Ґрунти для зведення земляних гребель

Зазвичай основну частину греблі зводять із супіску або суглинку, дрібного або середнього піску. Обмежене використання мають ґрунти мулові, жирні або перезволожені глини, а також ґрунти, які мають малу вологість у їхньому природному заляганні.

Водонепроникні елементи гребель влаштовують переважно із глинистих, а іноді супіщаних ґрунтів або штучної суміші з коефіцієнтом фільтрації не вище  $10^{-4}$  см/с. Бажано використовувати глинисті ґрунти, які мають природну вологість.

Протифільтраційні елементи можна зводити із штучних оптимальних ґрунтових сумішей, які вміщують глинисті частки, піщаний і великообламковий ґрунт, а також камінь. Використання цих сумішей дозволяє отримати матеріал із підвищеними фізико-механічними характеристиками і знизити його деформативність.

Для дренажів і кріплення укосів використовують великий і гравелистий пісок, великообламкові ґрунти і камінь.



Для перехідних зон та зворотних фільтрів використовують піщані і великообламкові як природні, так і штучно виготовлені шляхом відсіву або збагачення природні матеріали.

Для тіла земляної греблі ґрунти отримують або із спеціальних кар'єрів, або із корисних виїмок. Ґрунти корисних виїмок можуть бути використані або безпосередньо в насипи у випадку, коли роботи по них співпадають за часом, або використовуючи проміжні відвали. При цьому враховується взаємне розташування кар'єру і створу греблі, зручності його розробки і доставки ґрунту до місця укладання, наявності на майданчику гідровузла корисних виїмок, ґрунти яких можуть бути використані у тілі греблі, кліматичні умови, природна вологість тощо.

#### 3.2.4 Підготовчі роботи

До підготовчих робіт входять улаштування землевозних доріг, розбивка елементів тіла греблі на місцевості, підготовка поверхні основи, відведення поверхневих і ґрунтових вод.

Для транспортування максимально використовують існуючі дороги. Якщо будівництво греблі з використанням тільки постійних доріг неможливо, то в підготовчий період влаштовують землевозні дороги з двобічним або одnobічним (тільки під час кільцевого руху) рухом.

#### 3.2.5 Розбивка елементів греблі на місцевості

Ґрунт відсипають у тіло греблі після виконання геодезичних робіт із винесення в натуру проєкта і встановлення відповідних планових і висотних знаків. Розбивні знаки закріплюють на місцевості встановленням стовпів за межами споруди і кілків на місці робіт. Ці знаки повинні бути збережені або на весь період будівництва, або на час будь-якої роботи.

### 3.2.6 Підготовка поверхні основи греблі

До початку робіт ретельно підготовлюють основу греблі: очищують її від дерев і куців, викорчовують пеньки і корені, видаляють або закопувають великі валуни, переносять будови за межі споруди, що зводять. Із поверхні греблі видаляють рослинний і перезволожений ґрунти, торф із ступінню розкладання менш 50 %. Плодючий шар знімають і укладають у відвал для використання його у наступному під час рекультивації порушених і малопродуктивних сільськогосподарських земель, а також для благоустрою ділянок і закріплення низинного укосу греблі. Зняття родючого шару ґрунту із площ, що затоплюються водосховищем, встановлюється завданням на проєктування. Родючий шар знімають зазвичай у талому стані. Під час знімання, складування і зберігання родючого шару повинні бути вжиті заходи, які виключають погіршення його якості.

Ґрунт основи розробляють із недобором до проєктної позначки на 10–15 см; захисний шар видаляють безпосередньо перед відсипанням перших шарів ґрунту тіла греблі.

Після закінчення усіх робіт складають акт про готовність основи (як на приховані роботи), де фіксують топографічні позначки, геологічні умови, характер і обсяг виконаних робіт із підготовки основи, результати аналізу ґрунтів і їхню відповідність вимогам проєкту, дані про ґрунтові води тощо. Лише після цього з дозволу приймальної комісії починають відсипання ґрунту в споруду.

### 3.2.7 Укладання ґрунту

Основні елементи ґрунтової греблі (упорні призми, екран або ядро та перехідні зони) зазвичай зводять одночасно, але з деяким відставанням.

Зведення однорідних земляних гребель (без протифільтраційних елементів) починають із відсипання ґрунту в найбільш понижені ділянки

горизонтальними або малонахиленими (з ухилом до 0,5 %) шарами для забезпечення стоку атмосферних опадів. За наявності зуба глибокого сполучення греблі укладання ґрунту починають із нього. Основу перед відсипанням ґрунту зволожують (або підсушують) до оптимальної вологості, а потім ущільнюють. Безпосередньо перед укладанням першого шару зі зв'язних ґрунтів гладеньку поверхню ущільненої основи розрихлюють боронуванням на глибину до 5 см. Також розрихлюють поверхню кожного ущільненого шару ґрунту укладанням на нього наступного. Цього не роблять при ущільненні ґрунту кулачковими або пневмоколісними котками.

Для забезпечення безперервності процесу зведення греблі робочу поверхню насипу розбивають у плані на ділянки-карти і на кожній послідовно виконують такі основні роботи (операції): транспортування і відсипання ґрунту, його розрівнювання, зволоження (підсушування) і ущільнення. За необхідності склад робіт може бути доповнений або скорочений. Зокрема, ґрунт із оптимальною природною вологістю не потребує роботи із зволоження. Зв'язний ґрунт зазвичай зволожують у кар'єрі, що також виключає операцію зволоження на карті. Довжина карти обмежується найменшою протяжністю ділянки, що ущільнюється, і залежить від типу котка і прийнятої схеми руху; її призначають у межах від 50 м до 100 м при ущільненні самохідними котками і до 200 м причіпними. Ґрунт постачають автосамоскидами або скреперами. Спосіб доставки залежить від відстані транспортування, рельєфу місцевості і висотного розташування кар'єру. Ґрунт розвантажують по всій площі карти у шаховому порядку конусами і розрівнюють смугами. Для розрівнювання ґрунту уздовж смуг використовують бульдозер із відвалом, ширина якого на 10–20 см більше діаметра підшви конуса.

Пошарове відсипання ґрунту ведуть зазвичай від бровки насипу до середини, на надмірно зволжених і слабких основах до висоти 3 м від середини насипу до краю, а далі – від країв до середини.

### 3.2.8 Ущільнення ґрунту

Ґрунт становить трифазну систему, що складається з твердих мінеральних часток, води та повітря. У процесі ущільнення під дією статичного або динамічного навантаження відбувається зближення часток ґрунту внаслідок витискання води та повітря, при цьому дрібні частки переміщуються в пори між крупними. У разі цього щільність скелету ґрунту збільшується, а пористість і водонепроникність зменшується.

Залежно від способу дії на ґрунт для його ущільнення, тобто для переміщення часток і їх більш компактної укладки, розрізняють такі способи ущільнення: машинами статичної дії, машинами динамічної дії, машинами комбінованої дії, відсипанням ґрунту у воду.

### 3.3 Будівництво гребель і дамб за допомогою металевих шпунтів

Ґрунтові і земляні дамби займають багато місця, що робить проблематичним їхнє використання в невеликих водоймах. Щоб зменшити габарити, стінки обжимають. Форма такої дамби відрізняється від класичної: трапецієподібна тільки верхня частина, а нижні (шпунтові) стінки – вертикальні. Із плином часу відбувається розмивання ґрунту, земляна дамба осідає вниз, «розтікаючись» по дну. Щоб цього не відбувалося, стінки споруди зміцнюють. Оптимальний спосіб зміцнення – теж шпунти: металеві, у деяких випадках ПВХ або композитні. Шпунтом можна «обшити» нову дамбу або посилити стару, побудувати насип у будь-якій якості, зокрема для будівництва залізниць і автодоріг.

Нормативні вимоги до будівництва дамби: для спорудження потрібно використовувати водопроникні ґрунти з високим опором стисненню і зрушувальним навантаженням; у процесі засипки ґрунт ретельно ущільнюється; укоси повинні мати статичну стійкість і захист від розмиву і впливу атмосферних чинників (морозу, вітру, дощу); фільтрація води крізь тіло дамби не повинна знижувати стійкість; осадки – у межах нормативних вимог, не

повинна призводити до переливу води через гребінь; під час осідання у структурі не повинно виникати тріщин і пустот.

Початок будівництва дамби – видалення верхнього гумусного донного шару. Потім вирівнювання майданчика, улаштування глиняної підшови. У болотистому ґрунті потрібно вирити канаву, заповнити глиною, утрамбувати. Із глини також виконується ядро конструкції. Відстань від гребня до вершини ядра залишають більше глибини промерзання. За проєктною розміткою встановлюють шпунтову стінку. Ґрунт насипають, залишаючи відкриті ділянки для підведення водоспуску і водоподавальної труби. Насипка здійснюється шарами по 30 см із ретельною трамбівкою кожного шару. Водоподавальну трубу встановлюють вище майбутнього дзеркала води.

Для монтажу зміцнення використовуються металопрофільні шпунтові палі (шпунти Ларсена) (рис. 3.5). Кожен елемент оснащений по боках пазогребневими замками, за допомогою яких палі з'єднуються у цільну конструкцію.



Рисунок 3.5 – Будівництво гребель і дамб за допомогою металевого шпунта

Секція з декількох шпунтів збирається на березі, після чого переноситься крановою стрілою на місце занурення. Шпунти забиваються копром із молотом; за допомогою віброзанурювачів); вдавлюються (на м'якому ґрунті) або застосовуються комбіновані методи – віброударний, вібровдавлювання.

## 4 ТЕХНОЛОГІЯ БУДІВНИЦТВА КАНАЛІВ

### 4.1 Будівництво зрошувальних систем

#### 4.1.1 Типізація перетинів каналів

Зрошувальні системи за конструкцією провідної зрошувальної мережі поділяються на три типи: відкриті, закриті і комбіновані. Зрошувальна мережа відкритих систем становить канали в земляному чи облицьованому руслі, або залізобетонні лотки.

Канал (від латинського *canalis* – труба, жолоб) споруда, що становить відкрите штучне русло, найчастіше правильної поперечної форми. За призначенням розрізняють канали: водопровідні, дериваційні (енергетичні), іригаційні, осушувальні, лісосплавні, рибоводні, судноплавні і комплексного призначення (наприклад, для судноплавства і водопостачання). Водопровідні канали (для подачі води) за способом подачі діляться на самопливні (вода рухається по руслу під дією сили тяжіння) і з механічним підйомом води – машинні (насосні), що влаштовуються в тих випадках, коли рівень води в місці її забору зі джерела нижче, ніж рівні води у споживчої мережі.

Канали зрошувальної мережі відрізняються великим різноманіттям форм та розмірів поперечних перетинів. Форми поперечного перетину каналів (рис. 4.1) наведені для однакових габаритів суднового ходу: ширини по дну ( $B$ ) і глибини води ( $S_k$ ).

Ширина магістральних каналів досягає 200 м, довжина – десятків та сотень кілометрів. Канали внутрішньогосподарської мережі не перевищують 1,5 м за глибиною та шириною дна. Особливістю каналів зрошувальної мережі є те, що для забезпечення командування над зрошуваною площею, рівень води в робочій частині каналів піднімається вище поверхні землі, що потребує будівництва каналів різних за формою поперечного перетину.

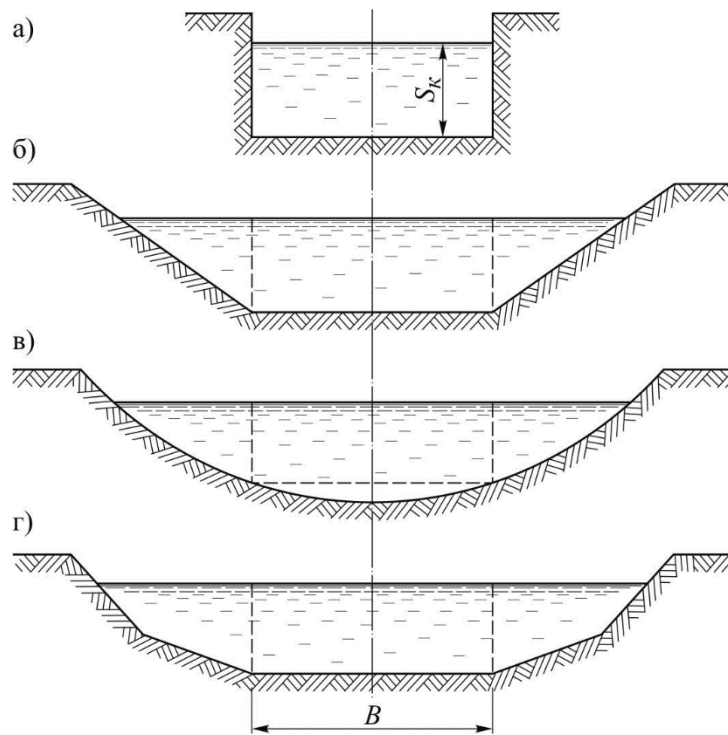


Рисунок 4.1 – Форми поперечного перерізу каналів:

а – трапецоїдна; б – прямокутна; в – улоговиноподібна; г – полігональна

Для рішення технологічних завдань, пов'язаних зі складанням проєктів організації будівництва та виконання робіт на каналах, необхідно мати такі дані, які отримують у процесі вишукувальних робіт: план системи каналів, поздовжні профілі по осі каналів, поперечні перетини каналів на різних ділянках, геологічні та гідрогеологічні характеристики ґрунтів по трасі каналів, профільні обсяги робіт. Розміри поперечних перетинів каналів є основним показником, який визначає вибір технології будівництва каналів та засобів механізації виконання робіт (рис. 4.2). Для полегшення вибору технології та механізмів необхідно провести типізацію перетинів та ділянок каналів: за шириною дна каналу, за положенням дна каналу відносно рельєфу місцевості, за глибиною виїмки, за висотою насипу тощо.

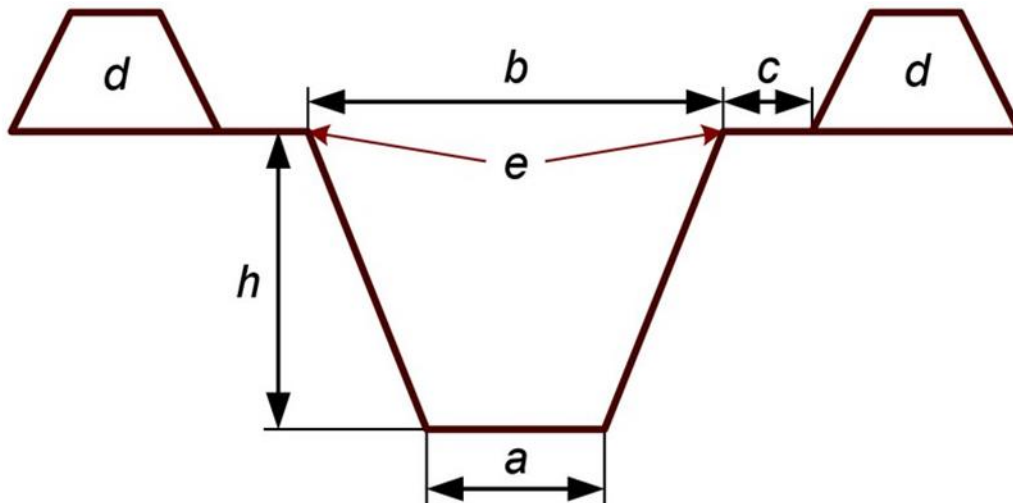


Рисунок 4.2 – Елементи каналів меліоративних систем:

$a$  – ширина каналу дном;  $b$  – ширина каналу верхи;  $c$  – берма;

$d$  – кавальєр;  $e$  – брівка каналу;  $h$  – глибина каналу

Холоста частина магістральних і розподільних каналів зрошувальних систем проходить зазвичай у виїмці, а робоча, де починаються відводи у канали молодшого порядку, може бути виконана (залежно від рельєфу по трасі) у напіввиїмці, у напівнасіпу або у насіпу з підсипним дном. Залежно від положення дна каналу відносно поверхні землі виділяють такі ділянки каналів:

- у виїмці (рис. 4.3);
- у напіввиїмці або напівнасіпу (рис. 4.4);
- у насіпу (рис. 4.5).

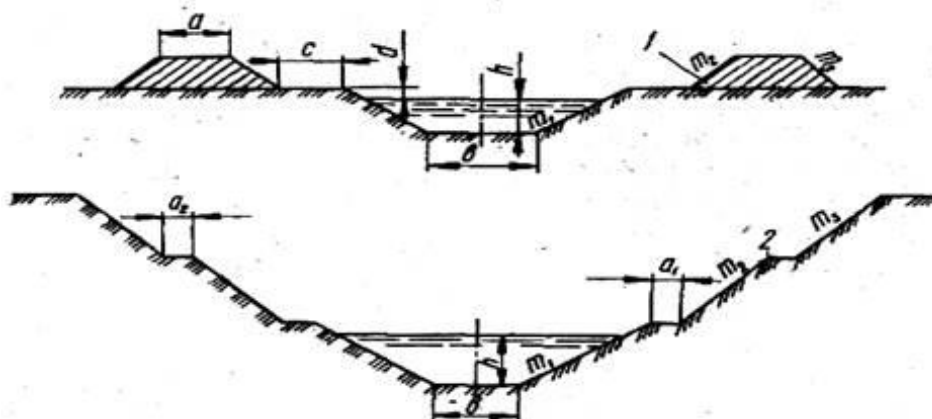


Рисунок 4.3 – Поперечні перерізи каналів у виїмці:

1 – кавальєр; 2 – берма



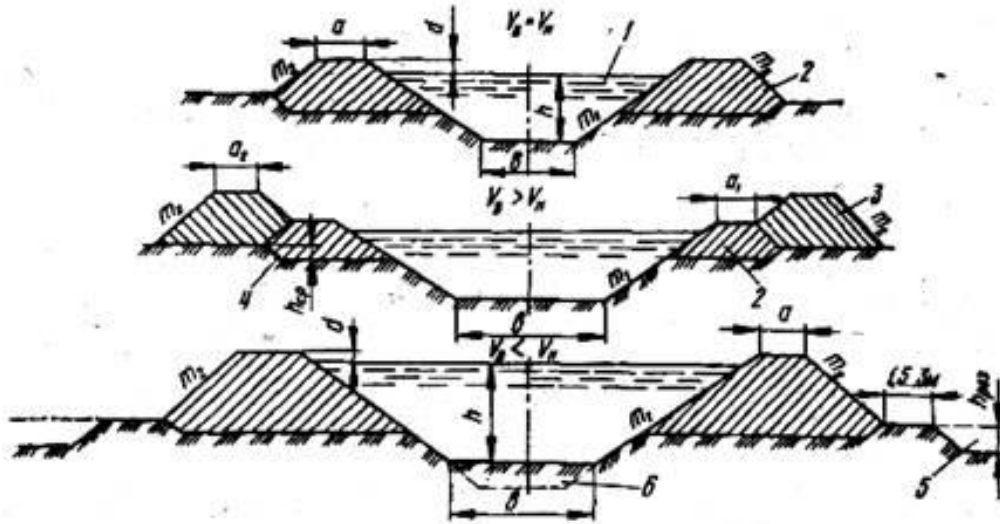


Рисунок 4.4 – Поперечні перерізи каналів у напіввиїмці-напівнасипу:

- 1 – виїмка; 2 – насип із пошаровим ущільненням; 3 – відвал або кавальєр;  
 4 – зрізування рослинного шару; 5 – зовнішній резерв;  
 6 – внутрішній резерв

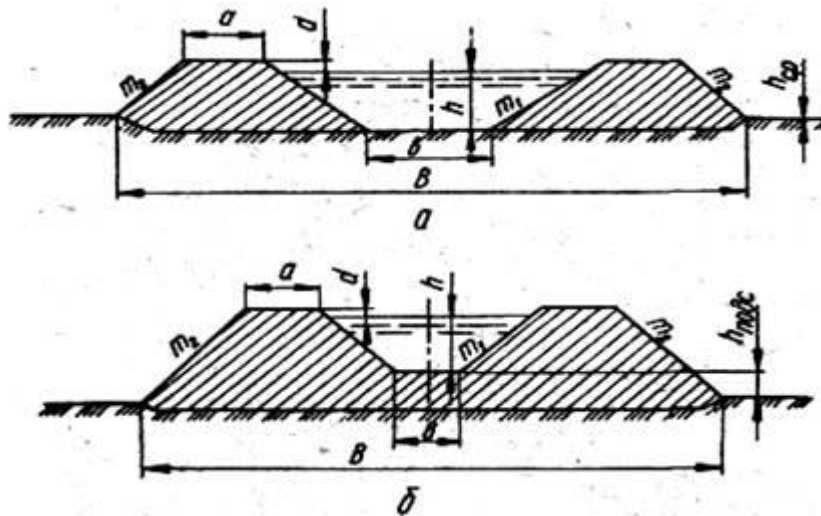


Рисунок 4.5 – Поперечні перерізи каналів у насипу:

- а – без підсипного дна; б – з підсипним дном

Якщо розмір дна каналу змінюється в широких межах, то типізацію перетинів проводять для кожної ділянки за характерною шириною дна. Для великих каналів виділяють ділянки, що відрізняються шириною дна більше ніж на 1 м, для дрібних каналів – ділянки з різницею 0,5 м. Окремо вибирають

перетини для ділянок зі складними геологічними умовами. Обсяги робіт підраховують за усіма ділянками та складають баланс ґрунтових мас.

#### 4.1.2 Геодезичне винесення проєкту каналу на місцевість

Для геодезичного винесення проєкту каналів на місцевість із необхідною точністю, створюють геодезичну будівельну мережу, пункти якої закріплюються постійними знаками, які розміщують так, щоб було зручно проводити геодезичні роботи. Будівельники одержують від проєктувальників план траси з позначеннями всіх встановлених на ній геодезичних знаків, її профіль для робочого проєктування будівельних робіт.

Траса повинна мати:

- розбитий пікетаж від витoku до гирла і розбивку кривих на поворотах (вісь траси закріплюється вішками через 10 м на прямих ділянках і через 5 м на кривих);
- прив'язку до опорних точок геодезичної будівельної мережі;
- ґрунтові репери через кожні 5 км за межами зони земляних робіт;
- створні знаки на відстані 20–50 м від траси на всіх вершинах кутів повороту каналу;
- розмічування поперечників на кожному пікеті та у характерних точках рельєфу.

Для каналу має бути визначено: поздовжній профіль, проєктна лінія дна, нормальний рівень води, проєктний гребінь дамби, місце і види гідротехнічних споруд. Після виконання винесення проєкту на місцевість і до початку виконання земляних робіт представники будівельної організації разом із представниками замовника перевіряють правильність виконання геодезичних робіт на місцевості та складають акт з прикладанням до нього схем винесення. Під час будівництва позначають такі елементи каналів: укоси, лінії бровки, місце і глибину виїмок, резервів, місце і висоту дамб чи кавальєрів.

Елементи укосів каналів, дамб позначають укісниками, котрі встановлюються на бровках. Точність проведення геодезичних будівельних робіт при влаштуванні каналів визначається точністю виконання земляних робіт і складає – 0,5 см.

#### 4.1.3 Виконання робіт на ділянках каналів у виїмці

Враховуючи розміри поперечного перетину та робочі параметри основних землерийних машин, всі канали у виїмці можна поділити на чотири групи:

– канали дрібної мережі з шириною дна до 1 м та глибиною до 1,2 м, що розробляються плужними каналокопачами або роторними екскаваторами;

– канали середніх розмірів з шириною дна від 1 до 3 м та глибиною до 4–5 м, розробляються переважно екскаваторами драглайн, зворотна лопата за безтранспортною схемою укладання ґрунту в кавальєр, або якщо є в наявності техніка з відповідними параметрами – багатоківшеві екскаватори – каналокопачами (рис. 4.6);

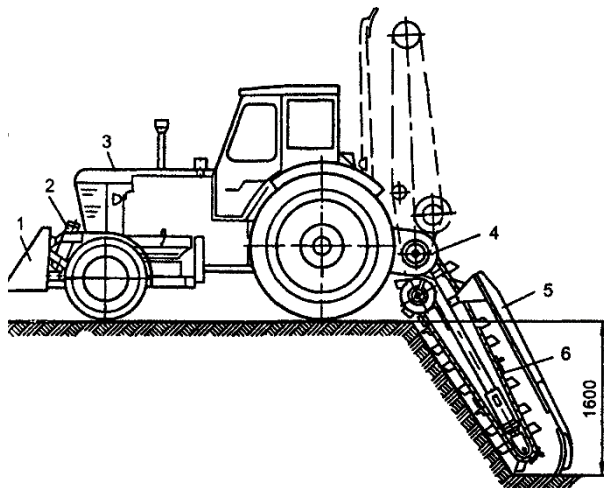


Рисунок 4.6 – Багатоківшовий екскаватор

– великі канали з шириною дна до 10–12 м та глибиною до 5 м, розробляються або екскаваторами драглайн із укладанням ґрунту в кавальєр (рис. 4.7), або скреперами;

– дуже великі магістральні канали з шириною дна більш ніж 10–12 м з глибиною виїмки більш ніж 5 м, розробляються за комбінованою схемою спочатку скреперами, потім драглайнми з перекиданням ґрунту, або крокуючими екскаваторами (рис. 4.8).

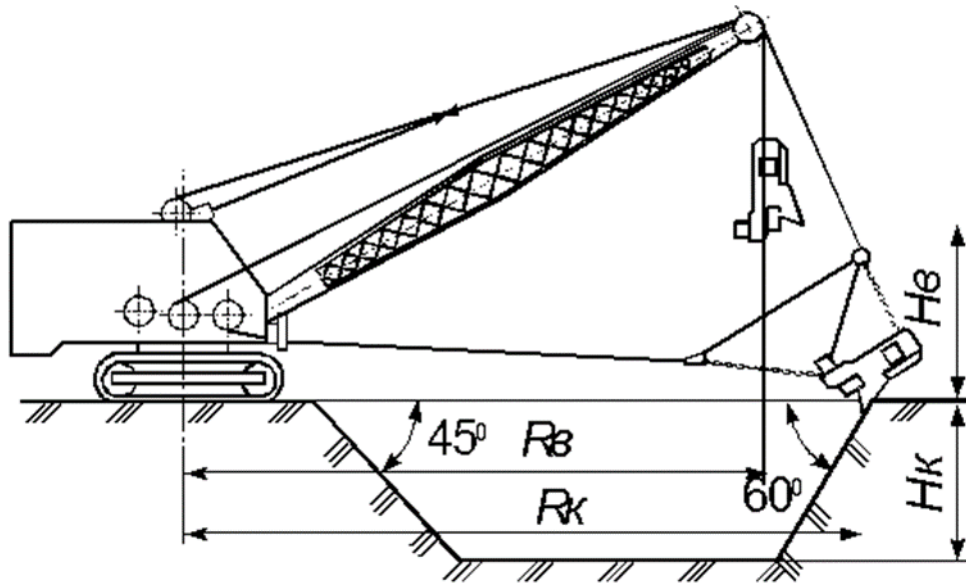


Рисунок 4.7 – Розробка каналу у виїмці екскаватором драглайн



Рисунок 4.8 – Крокуючий екскаватор

Схему гідравлічного самохідного скрепера з примусовим розвантаженням і завантаженням за рахунок тягового зусилля наведено на рисунку 4.9.

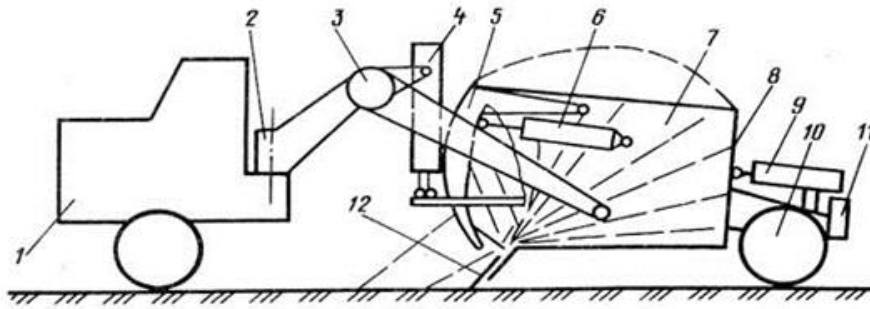


Рисунок 4.9 – Гідравлічний самохідний скрепер:

- 1 – одноосний тягач; 2 – тягово-зчіпний пристрій; 3 – рама;  
 4 – гідроциліндри підйому та опускання ковша; 5 – передня заслінка;  
 6 – гідроциліндри висування задньої стінки; 7 – ківш; 8 – задня стінка ковша;  
 9 – гідроциліндри; 10 – пневмоколісна вісь; 11 – буфер; 12 – змінні ножі

Під час будівництва каналу з перетином повністю у виїмці виконуються такі технологічні операції:

- зняття рослинного шару з траси каналу, за необхідності розпушування важких ґрунтів;
- розробка ґрунту в виїмці каналу;
- переміщення ґрунту в кавальєри;
- планування укосів та дна каналу;
- розрівнювання ґрунту у кавальєрах з їхнім профілюванням або вивезення ґрунту в місця, де він потрібен для насипів.

Розробку та переміщення ґрунту зазвичай виконують однією машиною (екскаватором, скрепером, бульдозером). Розроблений ґрунт укладають в кавальєри з однієї чи двох сторін від каналу. Кавальєри роблять трапецієподібної форми з укосами 1 : 1 та 1 : 3, щоб забезпечити їхню тривалу стійкість. Верх кавальєрів повинен бути спланованим, вони можуть бути спрямовані також під інспекторську дорогу або під лісонасадження. Склад будівельних операцій на ділянках із великою шириною та глибиною виїмки ускладнюється включенням додаткових операцій, необхідних для ведення поярусної розробки ґрунту, а також додаткових його переміщень по горизонталі та перекидання кілька разів одного і того самого об'єму ґрунту.

#### 4.1.4 Виконання робіт на ділянках каналів у напіввиїмці

Загальною особливістю технології будівництва каналів у напіввиїмці, напівнасіпу та насипу є необхідність високоякісного укладання ґрунту в дамбу каналу або загальну подушку з таким розрахунком, щоб вони витримували гідростатичний напір (тиск) за максимальним рівнем води в каналі. Дамби та подушки відсипають тільки з придатного для цих потреб ґрунту. Під час будівництва каналу у напіввиїмці виконують такі технологічні операції:

- зняття рослинного шару ґрунту з видаленням його за межі дамб;
- розробка ґрунту в виїмці каналу;
- переміщення частини ґрунту в дамби каналу, а зайвого в кавальєри;
- пошарове відсипання ґрунту (з розрівнюванням) у тіло дамби;
- зволоження ґрунту до оптимальної вологості;
- пошарове ущільнення ґрунту;
- ліквідація виїздів з виїмки на насип;
- планування укосів та дна каналу;
- розрівнювання зайвого ґрунту в кавальєрах, профілювання їх.

Спосіб розробки ґрунту на ділянках у напіввиїмці вибирають з урахуванням ширини та глибини виїмки. При ширині дна понад 2,5 м перевагу віддають способу розробки ґрунту скреперами, тому що вони забезпечують пошарове вкладання ґрунту. Якщо ширина дна менша 2,5 м, виїмку розробляють багатоківшевим екскаватором або драглайном із переміщенням ґрунту за межі майбутньої дамби, для наступного вкладання частини ґрунту в дамбу бульдозером. Коли висота дамб до 1 м, то ґрунт можна вкладати екскаватором безпосередньо в дамби з його ущільненням.

#### 4.1.5 Виконання робіт на ділянках каналів у напівнасіпу

Канали в напівнасіпу за умовами виконання робіт можна поділити на дві групи:

- канали дрібної мережі, будівництво яких ведеться методом насипання загальної подушки з наступним нарізанням русла каналу спеціальними екскаваторами-канавокопачами при ширині дна до 2,5 м;
- канали середніх та великих розмірів з роздільним влаштуванням дамб (рис. 4.10).

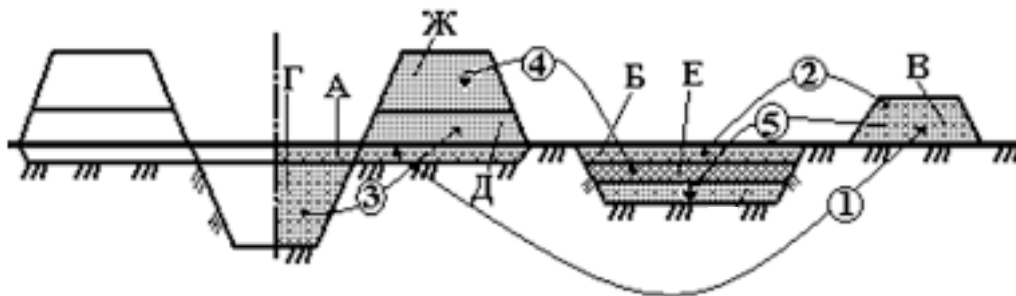


Рисунок 4.10 – Схема переміщення ґрунтових мас під час будівництва зрошувального каналу у напівнасіпу з роздільним влаштуванням дамб:

- А – рослинний шар ґрунту на поверхні виїмки каналу і в основі приканальної дамби; Б – на поверхні резерву; В – тимчасовий кавальєр ґрунту рослинного шару; Г – виїмка каналу в мінеральному ґрунті; Д – частина приканальної дамби, що зводиться з ґрунту виїмки каналу; Е – резерв для досипання приканальної дамби; Ж – частина приканальної дамби, що зводиться з резерву; 1 – розробка рослинного шару ґрунту з поверхні виїмки каналу і в основі приканальної дамби з переміщенням в тимчасовий кавальєр; 2 – розробка рослинного шару ґрунту з поверхні резерву і переміщення його в тимчасовий кавальєр; 3 – розробка мінерального ґрунту у виїмці каналу з переміщенням в приканальну дамбу; 4 – розробка мінерального ґрунту в розрізі з переміщенням його в приканальну дамбу; 5 – рекультивация резерву

Будівництво каналів у напівнасіпу з шириною дна більше ніж 2,5 м зводиться до виконання таких операцій:

- зняття рослинного шару з поверхні виїмки каналу і основи приканальних дамб та поверхні резервів;
- розробка ґрунту в виїмці;
- розробка ґрунту в резерві;
- переміщення розробленого ґрунту в тіло дамб;
- пошарове розрівнювання ґрунту в дамбах;
- зволоження ґрунту до оптимальної вологості;
- пошарове ущільнення ґрунту;
- ліквідація виїздів із виїмки на дамбу;
- планування дна та укосів;
- рекультивація резервів рослинним ґрунтом.

Відстань між подошвою зовнішнього укосу приканальних дамб та бровками резерву ґрунту повинна бути 1,5–3,0 м залежно від глибини резерву. Для влаштування каналів у напівнасіпу при ширині дна більше 2,5 м зазвичай використовують скрепери. Якщо ширина дна менша 2,5 м, розробку в виїмці ведуть багатоківшевыми або одноківшевыми екскаваторами, відсипаючи ґрунт за межі майбутньої дамби. Потім із тимчасового кавальєру ґрунт пошарово вкладають в дамби каналу іншими землерийними машинами. Під час будівництва каналів нескільні основи варто розпушити тракторними розпушувачами, звожити (або підсушувати) до оптимальної вологості, а потім ущільнювати відповідно до вимог ДБН або технічних умов.

Перед зведенням лінійних насипів необхідно здійснювати дослідне ущільнення ґрунту машинами, які будуть використовуватись надалі з метою уточнення товщини шару, що ущільнюється, кількості проходів котків по одному сліду й оптимальної вологості ґрунту.



#### 4.1.6 Влаштування протифільтраційного покриття на зрошувальних каналах

Основними технічними вимогами, що висуваються до мережі зрошувальних каналів, є підвищення коефіцієнту їхньої корисної дії. Для боротьби з фільтраційними втратами води на відкритих зрошувальних мережах застосовують різноманітні типи захисних покриттів, на долю яких припадає значний обсяг капітальних вкладень під час будівництва каналів. У практиці водогосподарського будівництва існують такі основні види протифільтраційного захисту: облицювання периметра каналу монолітним бетоном, збірним залізобетоном, асфальтобетоном; влаштування екрана з полімерної плівки, захищеної монолітним чи збірним бетоном або шаром ущільненого ґрунту; протифільтраційне покриття із геомембрани; влаштування завіси з плівкових або в'язучих матеріалів.

Монолітні бетонні облицювання застосовують для каналів всіх розмірів поперечного перетину. Товщину таких облицювань для каналів з витратою води менше 50 м<sup>3</sup>/с призначають залежно від глибини води в каналі. Закладання укосів у каналах з монолітними бетонними (залізобетонними) облицюваннями повинно бути не менше 1–1,5. Поздовжні та поперечні температурні шви в монолітних бетонних покриттях варто влаштовувати через 3–4 м. Будівельні шви, що утворюються між раніше вкладеним та новим бетоном покриття внаслідок перерви в роботі або за технологічними причинами, необхідно суміщати з температурними. Поздовжні температурні шви рекомендується (якщо дозволяє довжина укусу) влаштовувати по лінії сполучення дна та укусу. Характер виконання робіт за механізованого укладання бетону визначається параметрами поперечного перетину каналу.

До складу комплекту засобів механізації для облицювання каналів входять основні машини (екскаватори-профілювальники, бетоно-вкладальники, машини для нарізання та заливання швів, догляду за бетоном) і спеціальні та допоміжні машини (установки для готування бетонної суміші, автобетонозмішувачі, перевантажувачі бетонної суміші, машини для улаштування шляхів, якими пересуваються машини, що входять у комплект).

Екскаратори-профільювальники призначені для кінцевого зачищення та планування дна та укосів каналу перед облицюванням (рис. 4.11).



Рисунок 4.11 – Екскаратор-планувальник

Бетоноукладачі – головні машини комплектів, які приймають бетонну суміш, розподіляють її на поверхні каналу, ущільнюють та загладжують поверхню покриття. За необхідністю ці машини можна використовувати для зволоження ґрунту в каналі безпосередньо перед вкладанням бетонної суміші. Бетоноукладачі мають гусеничне, пневмоколісне або рейкове ходове обладнання (рис. 4.12).

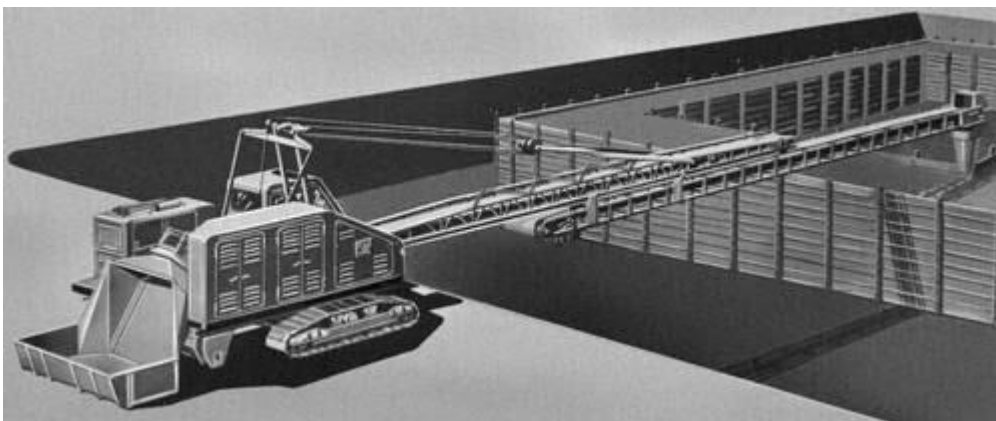


Рисунок 4.12 – Бетоноукладач

Нарізувачі швів призначені для нарізування температурних швів у свіжовкладеному бетоні. Вони можуть обладнуватися пристроями для закладання

у шви стрічки та нанесення на поверхню облицювання плівкоутворюючих матеріалів, які створюють нормальні умови для тужавіння бетону.

Установки для приготування бетонної суміші бувають інвентарні швидкокорозбірні (рис. 4.13) та мобільні вузли виготовлення бетонної суміші. Вони встановлюються вздовж траси каналу на відстані економічно вигідного радіуса дії автобетонозмішувачів.



Рисунок 4.13 – Інвентарний швидкокорозбірний бетонний вузол

Автобетонозмішувачі (міксери) використовуються для транспортування бетонної суміші до місця її укладання. Автобетонозмішувач може транспортувати як готову суміш, так і готувати бетону суміш із сухих компонентів безпосередньо на шляху слідування до будівельного майданчика (рис. 4.14).



Рисунок 4.14 – Автобетонозмішувач

Для спорудження високоякісного монолітного облицювання каналів бетонна суміш повинна задовольняти таким вимогам:

- найбільший розмір фракцій заповнювачів повинен бути не більше 40 мм, та не може перевищувати 1/3 товщини облицювання;
- частка піску в заповнювачах повинна складати 30–40 %;
- рухливість бетонної суміші повинна знаходитися у межах 2–5 см осідання стандартного конуса.

Досвід застосування бетонних покриттів на каналах зрошувальної мережі показує, що завдяки їхній наявності покращуються умови експлуатації споруд, знижується шорсткість, що сприяє збільшенню пропускної спроможності, але вони не достатньо ефективні проти втрат води на фільтрацію, особливо при влаштуванні їх на ґрунтах з високим коефіцієнтом фільтрації. Це пояснюється тим, що сам бетон завдяки своїй шпаристій структурі пропускає через свою товщу частку води. Деяка кількість води також втрачається через температурні та будівельні шви, як наслідок їхньої недосконалої конструкції, технологічного браку під час їхнього влаштування або втрати початкових гідроізоляційних властивостей з плином часу.

У 70–80 роки ХХ сторіччя під час будівництва каналів зрошувальної мережі в Україні широко застосовувалися покриття зі збірних залізобетонних плит. Використання збірних залізобетонних плит облицювання давало можливість підвищити темпи будівництва, максимально індустріалізувати та механізувати будівельний процес, компенсувати відсутність відповідних комплексів для створення високоякісного монолітного облицювання, вирішити проблему сезонності під час будівництва каналів. Однак такі покриття мали також достатньо недоліків, передусім це велика кількість швів між плитами, що знижує з часом водонепроникність облицювання. Для влаштування збірних залізобетонних облицювань використовувалися, залежно від розмірів каналів і глибини води в них, плити різноманітних розмірів і конфігурацій. Довжина плит коливалася від 1 500 мм до 6 000 мм, ширина від 500 мм до 3 500 мм, товщина від 60 мм до 150 мм. Ця номенклатура плит збереглася і до сьогодні.

Стійкість покриттів зі збірних залізобетонних плит НПК забезпечується при розташуванні їх на укосі, довгою стороною перпендикулярно до осі каналу (рис. 4.15, 4.16).

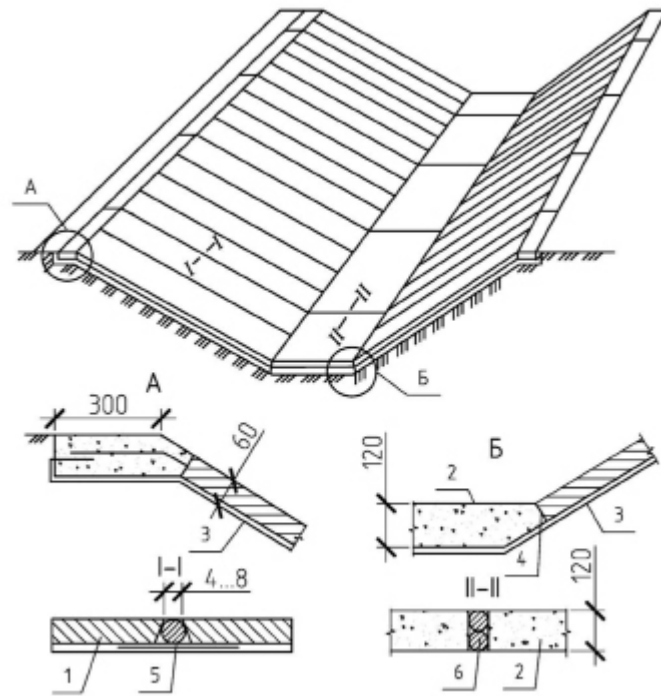


Рисунок 4.15 – Розкладка збірних залізобетонних плит на укосах каналу:  
1 – збірна плита; 2 – монолітний залізобетон; 3 – плівка ПВХ; 4 – бітум;  
5, 6 – заповнювачі швів



Рисунок 4.16 – Розташування плит збірного залізобетонного облицювання

У тих випадках, коли довжина укосу каналу менше 6 м, застосовують розкладку плит довгою стороною паралельно осі каналу. Це викликано вимогами типізації та уніфікації залізобетонних виробів, що застосовуються.

Необхідно зазначити, що стійкість покриття каналів при цьому знижується. Плити НПК застосовуються для будівництва каналів з глибиною води до 3 м. Ухил укосу в каналах зі збірними залізобетонними покриттями повинен бути не менше 1 : 1. Для транспортування плит використовують панелевози (рис. 4.17) або автомобілі з бортовими напівпричепами достатньої довжини для перевезення плит у горизонтальному положенні.

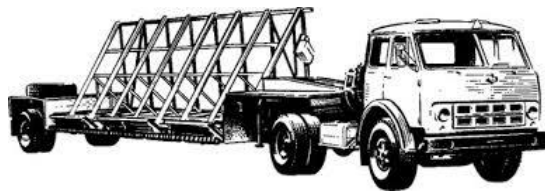


Рисунок 4.17 – Тягач з напівпричіпом-панелевозом

При цьому потрібно дотримуватись правил транспортування залізобетонних виробів (підкладки, прокладки, кріплення). Для монтажу залізобетонних плит при улаштуванні облицювань каналів використовують мобільні, (зазвичай гусеничні) крани або спеціальні укладачі плит.

Під час монтажу кранами застосовують спеціальне монтажне обладнання у вигляді строп різної довжини або траверс, які забезпечують необхідне положення плит під час укладання, паралельно площині, на яку вкладається.

Під час укладання залізобетонних плит необхідно суворо дотримуватися проєктної ширини зазорів між плитами для наступного формування шва між ними. Для цього використовують бетонні або дерев'яні обмежувачі у формі паралелепіпеда. У місці сполучення берми і плити облицювання укосу необхідно обов'язково влаштовувати монолітний або збірний так званий «заплечик». Ширина заплечика залежно від розмірів каналу коливається від 30 см до 50 см, товщина – 10 см.

У випадку відсутності заплечиків берма може руйнуватися рослинністю і поверхневими водами, причому останні можуть накопичуватися під облицюванням і замерзаючи взимку видавлюють плити, порушуючи тим самим цілісність покриття (рис. 4.18).



Рисунок 4.18 – Руйнування облицювання зі залізобетонних плит за відсутності заплечиків

Ефективність монолітних та збірних бетонних та залізобетонних облицювань залежить значною мірою від конструкції та якості влаштування деформаційних швів. Дослідами встановлено що 65 % і більше втрат води на фільтрацію викликано незадовільною якістю виконання швів. Конструкція шва повинна забезпечувати повну його водонепроникність та задану довговічність із урахуванням навантажень та впливів на покриття каналів, виконувати його бажано з недорогих матеріалів. Крім того, конструкція повинна бути технологічною, щоб забезпечувалась можливість виконання шва механізованим способом. Для влаштування швів застосовують:

- герметики у вигляді профільних еластичних смуг із гуми, полівінілхлориду, неопрену та інших синтетичних матеріалів;
- поверхневі шпонки з герметиків еластомерів (каучукові композиції, що самовулканізуються);
- смуги з еластичних плівок склоеластиків;
- шпонки з заповненням порожнини шва пружнопластичними герметиками (гумобітумні та бітумнополімерні);
- профільований поліетилен, заанкерований у бетон.

Найбільш довговічні силіконові та бутилкаучукові мастики, що самовулканізуються, їхній термін експлуатації – 25 років, тіоколові мастики – 20 років. Армогерметики наклеюють на паз між конструкціями із компенсатором. Ширина армогерметика з урахуванням цього має бути  $10 \text{ см} + 1,2B$  ( $B$  – ширина шва). Достатньо надійними є шви у монолітному бетоні з використанням як герметизуючого елемента профільованого поліетилену. Профільований поліетилен становить листовий матеріал товщиною 0,8 мм із анкерними ребрами висотою 8 мм, що розташовані на ширині листа 40 мм. Наявність анкерних ребер, занурених у монолітну бетонну конструкцію на ширину листа 200 мм, забезпечує надійний протифільтраційний ефект. На жаль, у практиці водогосподарського будівництва, під час його найбільшого розвитку застосовувалися переважно гумобітумні та бітумнополімерні мастики, як такі, що мали найменшу вартість і найпростіші у виготовленні. Теоретичний термін експлуатації таких мастик 10 років, а практично шви, виконані з них, рідко зберігали свої властивості більше ніж 5–6 років. Тому величезна кількість каналів, побудованих у ті часи і які експлуатуються до цього часу, потребують негайного ремонту і реконструкції. Поліізолбутилові, тіоколові та силіконові мастики нагнітаються в штиби за допомогою пневматичних ручних машинок для заливання швів.

Для захисту свіжовкладеної мастики від дощу шов закривають пергаментом, толем або поліетиленовою плівкою. Захисні смуги з рулонного матеріалу знімають після вулканізації мастики, але не раніше ніж через 6 годин після заповнення швів. Заливання швів цементним розчином здійснюється за допомогою розчинних наносів, які обладнанні спеціальними насадками, в які подається стиснене повітря від компресора, розчин переміщується по шлангу і вилітає з нього з швидкістю 0,5–6 м/с, цим досягається зневоднення та ущільнення суміші. Широке застосування знайшов спосіб влаштування деформаційних швів шляхом закладання герметизуючих профілів у бетон одночасно зі влаштуванням монолітного облицювання. Водночас використовують прокладку з полівінілхлориду, яка має хрестоподібну форму з



замкненою порожниною (деформатора) на перетині вертикальних елементів (відкрилків) із стовщеннями кінців відкрилків. Вертикальні елементи сприймають горизонтальні деформації бетону. Горизонтальні елементи з'єднують бетонні плити та запобігають фільтрації води через шов.

При герметизації заглиблених об'єктів існує проблема пористих матеріалів, яка полягає в тому, що ніхто не може гарантувати, що, перебуваючи у постійному контакті з водою, герметик із часом не відшарується. Пов'язано це з виходом води до адгезійного шару через капіляри бетону, а так само полярним витискуванням молекулами води герметика із зони контакту. Водночас ймовірність такого відшарування підвищується зі збільшенням пористості контактуючих матеріалів. Вода через пористий бетон проникає до межі контакту з герметиком. У результаті на межі контакту істотно знижується адгезія і в умовах, коли герметик перебуває в напруженому стані, завдяки розтягуючим зусиллям, можливе відшарування. Таким чином, для надійної тривалої роботи шва необхідно такий матеріал, який, крім гарної адгезії з бетоном, створював би постійний тиск на стінки шва, не даючи воді проникнути за межі контакту бетон – герметик. Вченими декількох країн був розроблений новітній гідроізоляційний матеріал – бентонітовий шнур (рис. 4.19), що становить джгут на основі натрієвого бентоніту (75 %) та бутилового каучуку (25 %).



Рисунок 4.19 – Бентонітовий шнур

Бентонітові шнури призначені для герметизації горизонтальних, похилих та вертикальних швів. Властивості бентонітового шнура ґрунтуються на здатності бентонітової глини збільшувати свій об'єм при взаємодії з водою через наявність

гідрофільних груп в її молекулярній структурі. Входячи в контакт із водою або водяними розчинами інших речовин, бентонітовий шнур набухає, поступово збільшуючи свій об'єм до 200 %. Таким чином, він відрізняється винятковою еластичністю, ущільнює найдрібніші тріщини і нерівності в конструкції, перетворюючись на надійний механічний бар'єр, що захищає від проникнення води і при високому гідростатичному тиску. Коли бентонітовий шнур взаємодіє з водою, він поступово збільшує свій об'єм, створюючи значне навантаження на бетон. Шнур встановлюється по центру бетонного перетину, а з обох сторін потрібно забезпечити 80 мм бетонної поверхні, інакше є небезпека для утворення тріщин або часткового руйнування бетону у разі його розбухання. За допомогою бентонітового шнура можна отримати:

- активний захист, у результаті збільшення свого об'єму на 200 % від початкового об'єму;
- поступове набухання і попередження від виникнення небезпечної напруги в конструкції;
- гарантоване збереження властивостей шва після необмежених циклів заморожування-відтавання;
- гарну хімічну стійкість;
- легкий монтаж;
- роботу в широкому температурному інтервалі: температура від  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;
- економічну ефективність порівняно зі традиційними водоутримувальними матеріалами;
- можливість влаштування на сирій основі;
- застосування до нових та існуючих конструкцій.

Як відомо, у зоні будівництва зрошуваних систем переважають набухаючі ґрунти і, відповідно, на облицювання каналів і шви на них діють додаткові навантаження сейсмічного характеру. У таких випадках для гідроізоляції пропонується новий метод влаштування гідроізоляції деформаційних і температурних швів із застосуванням гідроактивних (таких, що набухають)

компенсаторів на основі гідроактивних поліуретанів і модифікованих графітів. На відміну від багатьох існуючих ущільнень, гідроізоляція та герметизація компенсаторами, що набухають, забезпечується двома силами, що доповнюють одна одну: адгезія клею до бетону і тиск на стінки шва.

За розбіжності стиків шва (до 500 %) виріб розтягується, не втрачаючи герметичності та контакту з поверхнями, що герметизуються. За звуження шва відбувається процес стиснення компенсатора. Компенсатори також при контакті з водою набухають (до 360 %), надійно ущільнюють шов, не даючи можливості проникнути воді. Процес набухання і висихання багатократний. Унікальною особливістю виробів, що набухають, є те, що захистом від води є сама вода, що, проникаючи в матеріал компенсатора, капсулюється, збільшуючи його об'єм і «замикає» деформаційний шов.

Важливою умовою під час роботи з компенсаторами є те, що чим щільніше компенсатор буде запресований у шов і обмежений стопором, тим ефективніше буде використано його розширення і тиск в сторони (на стінки шва) і тим надійніше буде гідроізоляція.

#### 4.1.7 Асфальтобетонні покриття як протифільтраційне облицювання

Асфальтобетонні покриття доцільно застосовувати для влаштування протифільтраційного облицювання з високим ступенем водонепроникності, при значних деформаціях основи, якщо висуваються підвищені вимоги до корозійної стійкості облицювань. Досвід використання асфальтобетону в практиці гідротехнічного будівництва доводить його найбільшу ефективність під час ремонту різних типів захисних покриттів каналів. Найбільш широко застосовується пісковий або дрібнозернистий асфальтополімербетон, який виготовляється на бітумнополімерних в'язучих (бітум із додаванням етиленпропіленового каучуку або латексу).

Конструкцією асфальтобетонних облицювань є:

– монолітне асфальтобетонне облицювання, що становить безшовне покриття, верхній шар якого виконаний з щільного гідротехнічного асфальтобетону;

– збірне асфальтобетонне облицювання виготовлене у вигляді довгомірних плит або гнучких матраців.

Асфальтобетонні облицювання виконують одношаровим або багатошаровим залежно від конструктивної необхідності. Для влаштування монолітних асфальтобетонних облицювань використовують машини аналогічні машинам для вкладання монолітного бетону, але з відповідними конструктивними змінами, які враховують технологію вкладання асфальтобетону. Перед вкладанням монолітного асфальтобетону влаштовують жорстку підготовку зі щебеню. Збірні асфальтобетонні покриття не потребують влаштування підготовки. У двошарових збірних облицюваннях стики елементів нижнього шару повинні перекриватися елементами верхнього шару. Герметизацію швів між збірними елементами здійснюють або гарячою полімерно-бітумною мастикою (при ширині шва 60 мм) або гарячою асфальтополімербетонною сумішшю (ширина шва 60–100 мм).

#### 4.1.8 Плівково-бетонні облицювання

Як вже було сказано вище, бетонні та залізобетонні покриття не дають 100 % гарантії від втрат води з каналів на фільтрацію. Застосування полімерних плівкових матеріалів дозволяє створювати комбіновані покриття з плівковим екраном, захищеним монолітним бетоном (рис. 4.20), збірними залізобетонними плитами або шаром ґрунту.

Застосування бетонного полотна дозволяє вирішити проблему, яка виникає під час прокладання водних і зрошувальних каналів – уникнути істотних втрат води в результаті фільтрації через дно і стінки.



Рисунок 4.20 – Улаштування монолітного бетонно-плівкового покриття

Бетонне полотно має два шари тканини із «начинкою» з сухої бетонної суміші. Один із шарів має повністю водонепроникливу ПВХ-підкладку. Після змочування водою бетонна суміш протягом 1–2 годин застигає, а через 24 години полотно перетворюється в міцний, армований текстильними волокнами шар бетону.

Окрім високої міцності до різних навантажень і повної водонепроникності (її забезпечує ПВХ-підкладка), бетонне полотно має ще істотну перевагу – простий і швидкий монтаж. Під час будівництва водних каналів укладання бетонного полотна в русло проходить у кілька простих етапів. Спочатку полотно розкочується по поверхні. Потім окремі його відрізки з'єднуються між собою (існує кілька способів їхнього з'єднання). Після цього матеріал змочується. Через пару годин він перетворюється у міцне і водонепроникне облицювання. Підраховано, що за день бригада з 6 робочих здатна укласти до 800 м<sup>2</sup> матеріалу. При цьому поверхня не потребує спеціальної підготовки, а з будівельної техніки достатньо бульдозера або екскаватора для кріплення на ковші просторової траверси. Всі інші роботи виконуються ручним інструментом.

Для порівняння трудовитрат відомих способів будівництва: облицювання русла і стінок зрошувального каналу потребує доставки великої кількості матеріалу, замішування цементного розчину, досипання щебню або гравію, вирівнювання кладки цементною штукатуркою, а також установки опор із

бутового мурування. Збірні конструкції з бетонних або залізобетонних плит потребують використання важкої будівельної техніки, а також облаштування гравійної підготовки. Практично того ж потребують виконання асфальтобетонного облицювання. Що стосується полімерних матеріалів (геомембран), то для їхнього укладання необхідна відповідна підготовка поверхні, а також створення захисного шару зі щебню або ґрунту.

Додатковим етапом є обробка русла і стінок гербіцидами, що запобігає зростанню рослинності, здатної зруйнувати облицювання. У разі використання бетонного полотна обробка гербіцидами не буде потрібна – матеріал відмінно пригнічує ріст будь-якої рослинності. І ще один важливий момент: бетонне полотно може бути укладено з будь-якого ґрунту. Отже, вид ґрунту ніяк не позначається на характеристиках матеріалу і на технології його укладання.

Бетонне полотно – сучасний матеріал, який дозволяє досягти якісного результату при найменших тимчасових, трудових і фінансових витратах. Наразі він активно використовується більш ніж у 40 країнах світу. Для України бетонне полотно – це поки що новинка. Але воно швидко завойовує популярність. Важливим є те, що цей матеріал дозволяє значно заощадити на експлуатаційних витратах. Полотно є екологічно чистим продуктом і тому може бути використано як в міському, так і в сільському господарстві, зокрема, в іригаційному будівництві.



Рисунок 4.21 – Зрошувальний канал із плівковим покриттям

Для виготовлення плівкових екранів при масовому будівництві зрошувальних каналів найбільш широко використовувалася поліетиленова плівка марки «С». Товщина плівки 0,2 мм, постачається у рулонах, ширина рулона – 2 500 мм, колір плівки – чорний. Поліетиленова плівка має негативну властивість під дією сонячного світла деполімеризуватися (так званий процес «старіння»), і тому її необхідно стабілізувати, уповільнити цей процес. Як стабілізатор у процесі виготовлення плівки додається до поліетилену технічна сажа. Плівковий екран не рекомендується укладати на пересушений або перезволожений ґрунт. Тому його треба влаштовувати зразу після готування основи. Взимку під плівкою обов'язково влаштовується піщана підготовка. Для зменшення обсягів робіт зі зварювання поліетиленових плівок в умовах будівельного майданчику, полотнища плівки потрібно укрупнювати в підготовчому цеху на базі будівельної організації на станках для зварювання поліетиленової плівки.

Міцність шва, звареного в стаціонарних умовах, не повинна бути менше 80 % міцності основного матеріалу. Для зварювання поліетиленової плівки у польових умовах застосовують спеціальні зварювальні пристрої.

Загальний розмір полотнищ при ручному розкладанні обмежують 100 кг за масою. Якщо екран складається з одного полотнища, його завозять та розкладають вздовж осі каналу звернутим по ширині, а потім розвертають. Якщо екран складається з трьох і більше полотнищ, то спочатку вкладають робочі полотнища на укосах, а потім на дні. Під час влаштування екрану та захисного покриття ходити по робочих полотнищах дозволяється тільки в м'якому спецвзутті. Ліквідація пошкоджень плівки та дефектів зварювання здійснюється шляхом наклеювання латок із поліетиленової клейкої плівки. Щоб запобігти підняттю полотнища вітром, їх тимчасово потрібно придавити інвентарними мішечками з піском вагою 7–10 кг з інтервалом 5–6 м. Досвід водогосподарського будівництва дає можливість визнати, що використання плівки дає такий ефект – монолітний бетонно-плівковий екран зменшує фільтрацію в 9–10 разів; плівковий екран захищений збірними залізобетонними

плитами – зменшення фільтрації у 24–25 разів. Але плівки товщиною 0,2 мм мають невеликий опір динамічним навантаженням, особливо під час влаштування на них облицювання з бетону, тому їх доводиться укладати кількома шарами або з захисним екраном з рулонних матеріалів.

Більший ефект досягається при застосуванні поліетиленової або бутилкаучукової плівки товщиною 0,4; 0,6; 0,8 мм.

#### 4.1.9 Геомембрани

Геомембрана – це сучасний гідроізоляційний матеріал, на основі полімерного полотна, призначений для зменшення або запобігання фільтрації води або рідини через його структуру. Вихідним матеріалом для виробництва геомембрани є поліетилен високої та низької щільності з додаванням сажі, антиокислювачів і стабілізаторів високої температури. Геомембрана випускається і поставляється в рулонах шириною від 2 метрів до 12 метрів. Товщина геомембрани складає, залежно від вимог конкретного проєкту, від 0,65 мм до 6 мм. Залежно від складу сировини розрізняють полімерні геосинтетичні мембрани, глиняно-геосинтетичні мембрани і бітумно-геосинтетичні мембрани. За призначенням геомембрани підрозділяють на гладкі, текстуровані і профільовані. Геомембрани не схильні до гниття, впливу кислот, лугів, ультрафіолетового опромінювання. Термін експлуатації геомембран не менше 80 років. Для захисту геомембран від механічних пошкоджень використовується геотекстиль високої щільності. Бентонітові геомембрани виготовлюють із натурального натрієвого бентоніту і високоміцного поліпропіленового геотекстилю. Несучий і покриваючий матеріали скріплені між собою голкопробивним методом з наступною термічною обробкою нижньої сторони матеріалу. Верхній, покриваючий геотекстиль у бентонітових геомембран наповнений бентонітовим порошком, що забезпечує проникнення часток бентоніту в шпарини бетону і збільшує адгезію до бетону. Бентоніт – природний глинистий мінерал, що має властивість



розбухати при гідратації (у 14–16 разів). При обмеженні простору для вільного розбухання у присутності води утворюється щільний гель, який перешкоджає подальшому проникненню вологи. Ця властивість, а також нетоксичність і хімічна стійкість робить його незамінним у влаштуванні гідроізоляційних покриттів каналів, штучних резервуарів води та відстійників (рис. 4.22).

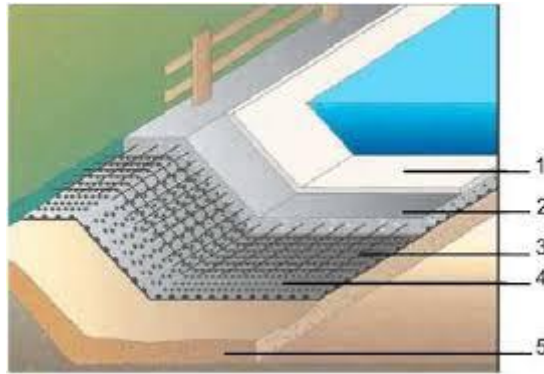


Рисунок 4.22 – Влаштування гідроізоляційного покриття з бентонітової геомембрани:

- 1 – залізобетонні плити; 2 – бетонна стяжка; 3 – зварна решітка;  
4 – бентонітова геомембрана; 5 – утрамбований ґрунт

Покриття з геомембран настільки міцні і стійкі проти механічних пошкоджень, що на каналах, де не передбачається очищення дна від мулу бульдозерами, їх можна використовувати як самостійний вид облицювань.

За необхідністю геомембрани захищають одним із видів бетонного або залізобетонного покриття.

Технологія укладання геомембран на дно та укоси каналів подібна улаштуванню плівкових екранів.

## 4.2 Будівництво каналів-лотків

Канали з залізобетонних лотків дозволяють знизити витрати води, підвищити ККД і КЗВ зрошувальних систем. Будівництво лоткової мережі зменшує об'єми земляних робіт порівняно з відкритими каналами, сприяє

впровадженню індустріальних методів монтажу, але потребує високої технологічної культури виконання робіт. Канали-лотки можуть зводитися на стійках (стаканного типу), палях або опорних плитках, що вкладаються на ґрунт (рис. 4.23).

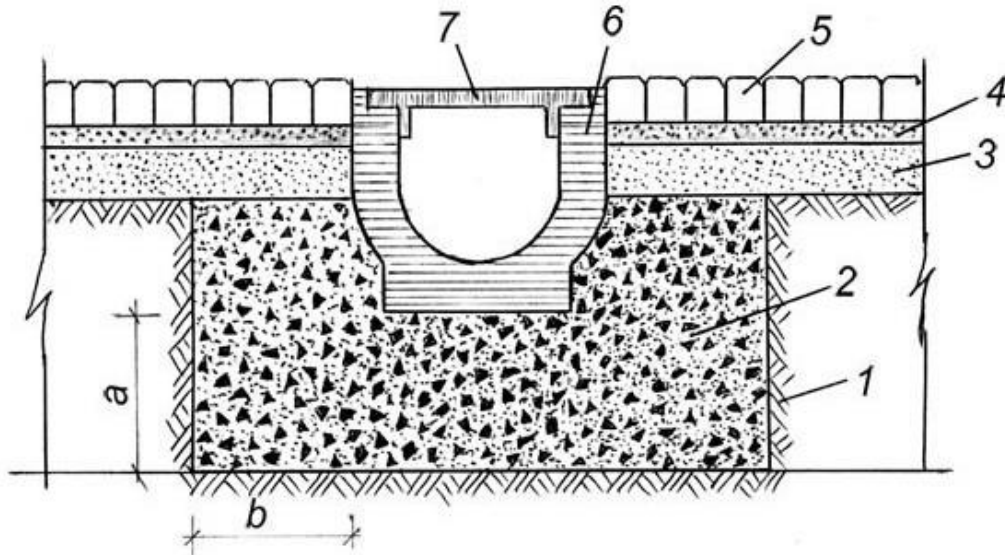


Рисунок 4.23 – Приклад монтажу водовідвідного лотка шириною 100 мм:

- 1 – ґрунт; 2 – бетонна основа; 3 – піщана подушка;
- 4 – стяжка із цементно-піщаного розчину М150 або щебінь;
- 5 – тротуарна плитка; 6 – лоток; 7 – ґрати;  $a = 100$  мм;  $b = 100$  мм

Для будівництва лоткових каналів застосовують збірні залізобетонні лотки параболічного перетину (рис. 4.24).

Водопроникність з'єднань досягається шляхом укладання в розтруб лотка пороізового джгута, мінеізових прокладок або бентонітового шнура. При цьому застосовують обмежувачі, що заважають повному зім'яттю протифільтраційного елемента.



Рисунок 4.24 – Параболічний лоток

До початку будівництва каналів-лотків повинен бути виконаний весь комплекс підготовчих робіт. Лотки розміщують вздовж траси на дерев'яних підкладках. Стойки, фундаментні блоки, палі, опорні плити вкладають без підкладок. Під час будівництва лотків на опорних стойках котлован розробляється зворотною лопатою екскаватора з місткістю ковша  $0,15 \text{ м}^3$ . На дні котловану влаштовується підготовка з піщано-щебеневої суміші товщиною 5–7 см.

Коли котлован готовий, за допомогою крана в нього опускається фундаментний блок і після перевірки встановлюється остаточно, з наступною зворотною засипкою. Потім у фундаментні блоки встановлюються опори. Після вивірювання положення опор-стійок їх омонолічують жорсткою бетонною сумішшю, приготовленою із дрібного щебню, піску та цементу, що швидко тужавіє. На попередньо зволожену опорну частину стойки підливають цементний розчин і ретельно вирівнюють. На опорі встановлюють розтруб лотка, укладаючи гладкий кінець лотка в розтруб раніше встановленого лотка на гідроізоляційну прокладку. Під час будівництва каналів-лотків на пальових опорах головним будівельним процесом є занурення паль. Вручну доробляється основа під кожен опорну плиту і влаштовується підготовка зі щебню. Потім одним краном встановлюють опорні плити, а другим – монтують лотки. Лотки

транспортують до місця монтажу спеціальними автомобілями-лотковозами. Після монтажу лотків проводяться гідравлічні випробування каналу.

### **4.3 Будівництво осушувальних систем**

До складу осушувальної системи сільськогосподарського призначення входять: осушувана територія, водоприймач, огорожувальна, провідна і регулююча осушувальна мережі; захисні дамби обвалування, насосні станції для осушення і зволоження; водоймища; гідротехнічні споруди, що забезпечують керування водою на осушуваній площі, експлуатаційні дороги, тощо. Будівництво осушувальної системи починається з проведення робіт з регулювання водоприймачів (заболоченої річки, струмка, балки, яру, озера, водоймища, тощо). Вони характеризуються нерівномірною глибиною – від 0,5 м до 4 м, змінною шириною від одного до декількох метрів як на дні, так і зверху. Комплекс робіт із регулювання річок-водоприймачів складається з таких будівельних процесів:

- поглиблення і розширення річки, що забезпечують необхідну пропускну здатність водоприймачів;
- спрямлення річки за аналогією з будівництвом магістральних каналів;
- засипання старорічищ, влаштування перемичок для проїзду машин і їхнього наступного розбирання;
- розрівнювання відвалів ґрунту, вийнятого з річки;
- очищення берм і влаштування водопропусків для стоку поверхневих вод у водоприймач;
- будівництво дамб обвалувань.

Черговість робіт, способи і засоби їхнього виконання встановлюються проектом виконання робіт і корегуються залежно від характеру робіт, обсягів, термінів їхнього проведення з урахуванням місцевих умов. На важкопрохідній для механізмів місцевості регулювання водоприймачів виконується взимку або у сухий період року. Машини і механізми, що виконують земляні роботи з

поглиблення, розширення і випрямлення річищ водоприймачів, повинні просуватися від гирла ріки вгору, щоб забезпечити стік води з осушеної території і поліпшити умови їхньої роботи. Попередньо перед регулюванням водоприймачів виконується будівельна (робоча) розбивка траси, зведення лісу, видалення чагарнику, корчування пнів. Для видалення чагарнику і дрібнолісся застосовуються механічні пилки, корчувачі-збирачі, кущорізи і інші пристосування на тракторах і екскаваторах. Розширення, поглиблення і розчищення водоприймачів зазвичай виконуються одноківшевыми екскаваторами з робочим обладнанням драглайн, екскаваторами-амфібіями. При техніко-економічному обґрунтуванні ці роботи можна виконувати земснарядами і землечерпалками, якщо річище ріки не засмічене пнями, стовбурами дерев, великим камінням.

Спрявлення річки-водоприймача здійснюється шляхом влаштуванням прорізу (прокопів) між звивинами ріки, після чого старе русло засипається ґрунтом, вийнятим із прорізів.

Найчастіше прорізи розробляються одноківшевыми екскаваторами типу драглайн або зворотна лопата на розширеному гусеничному ході. На слабких ґрунтах екскаватори працюють на настилах зі сталевих щитів або брусів, що перекладаються по мірі проходки. Прорізи також можна влаштувати вибуховим способом. Верхня частина прорізу на глибину 1,5–2 м за відсутності ґрунтових вод виконується бульдозерами і скреперами. Екскаваторні відвали розрівнюються бульдозерами або формуються у постійні кавальєри, у яких влаштовуються водопропуски шириною 2–3 м для стоку поверхневих вод у річку-водоприймач.

Технологія будівництва осушувальних каналів відкритої осушувальної мережі має особливості, що визначаються їхнім трасуванням, експлуатацією та ґрунтовими умовами:

– траси осушувальних каналів проходять тільки у виїмках (крім нагірно-ловильних);

– ґрунтові води на трасах цих каналів зазвичай розташовані близько до поверхні;

– водонасичені ґрунти мають низьку несучу спроможність, що ускладнює пересування та роботу машин;

– спостерігається значне зниження продуктивності машин у зв'язку з налипанням ґрунту, черпанням його з-під води, застосуванням сланей тощо;

– необхідність дотримуватися черговості й послідовності будівництва каналів від старшого до молодшого і проти течії;

– у слабких ґрунтах, що опливають (торф'яники, піски), розробку ґрунту в перетині каналів ведуть у 2–3 етапи з поступовим доведенням перетину до проектного, у міру пониження рівня ґрунтових вод;

– необхідність розрівнювати більшість відвалів шаром 0,1–0,5 м;

– необхідність забезпечувати стік поверхневих вод у канали, влаштовуючи у всіх понижених місцях (тальвегах) лійки або інші спорудження.

У нестійких ґрунтах перетинам крупних каналів і річкам-водоприймачам, що регулюються, часто надають параболічну або полігональну форму. Для розробки ґрунту у виїмках з такими поперечними перетинами використовують переважно одноківшеві екскаватори з робочим обладнанням драглайн.

Земляні роботи під час будівництва осушувальних каналів зводяться до таких операцій:

– зняття рослинного шару;

– розробка ґрунту у виїмках з переміщенням його в тимчасові або постійні кавальєри;

– розрівнювання ґрунту тимчасових кавальєрів на смузі вздовж трас каналів;

– зачищення укосів і ліквідація недоборів на дні каналів.

На слабких водонасичених ґрунтах варто використовувати машини болотної модифікації з розширеними гусеницями, що забезпечують передачу тиску на ґрунт у межах 12–20 кПа. Звичайні будівельні екскаватори з

нормальною гусеничною ходою в таких умовах застосовують тільки розміщуючи їх на спеціальних щитах.

Водонасичені торф'янисті ґрунти, не осушені попередньо, доцільно розробляти у зимовий період. Ці ґрунти, промерзаючи на порівняно невелику глибину, стають прохідними для машин і без великих труднощів розробляються однокішшевіми екскаваторами. Перетини каналів в ґрунтах, що опливають та нестійких ґрунтах (пісок, торф) варто розробляти в кілька етапів. Розробка перетину до проєктних розмірів за один прохід зазвичай призводить до опливання укосів під дією гідростатичного тиску фільтруючих в канал ґрунтових вод. Наступна доробка ґрунту в перетині призводить до значного збільшення обсягу робіт через надмірне зволоження укосів. З урахуванням досвіду будівництва рекомендується поетапна розробка перетинів каналів у нестійких ґрунтах.

Спочатку по осі майбутнього каналу, починаючи від водоприймача, розробляють піонерну траншею. Такій піонерний канал-траншея частково дренає навколишню площу, його укоси опливають, і перетин сильно деформується. Після пониження рівня ґрунтових вод в зоні піонерної траншеї на 0,5–0,7 м, на що потрібно залежно від фільтраційних властивостей ґрунту від 7 діб до 25 діб, перетин дороблюється до проєктних розмірів. При великій глибині каналу може знову статися опливання укосів. Тоді перетин до проєктних розмірів доробляється в три прийоми і більше. Вийнятий з виїмки ґрунт після підсихання у тимчасових кавальєрах розрівнюється вздовж каналу рівним шаром бульдозерами. Тривалість підсихання залежить від виду і щільності ґрунту, інтенсивності і кількості атмосферних опадів, пори року. У літній період ґрунт можна розрівнювати через 10–15 діб після розробки. Щільні глинисті ґрунти, що погано віддають воду, рекомендується залишати в тимчасових кавальєрах на зиму для виморожування і розпушування при вивітрюванні. Розрівнювати їх потрібно після підсихання в весняно-літній період наступного року. Уздовж каналів, коли є потреба зберегти рослинний ґрунт, він знімається зі всієї ширини смуги, що буде зайнята кавальєрами. Після

розрівнювання мінеральний ґрунт покривається рослинним шаром. Для розробки каналів осушувальної мережі у виїмці, зі визначеними розмірами поперечного перетину, призначені фрезерні спеціалізовані каналокопачі.

Розробляючи ґрунт, всі ці машини формують поперечний профіль каналу за один прохід із похилом дна, що повторює рельєф місцевості. При прокладанні каналу в перезволожених ґрунтах, попередній прохід трактора порушує цілісність дернового покриву і знижує прохідність наступних за ним машин. Тому заданий похил каналу забезпечується встановленням копірних систем на каналокопачах (по лазерному промінню).

Як матеріал для кріплення русла використовують хмиз, дерн, дошки, каміння, лотки, бетонні та залізобетонні плити.

Кріплення укосів вище річища здійснюється біологічними методами: залуженням, посівом багаторічних трав по шару попередньо насипаного рослинного ґрунту або торфокрихти. Найбільш сучасним і ефективним є кріплення осушувальних каналів георешітками, після встановлення яких комірки заповнюються за необхідності бетоном, щебенем або рослинним ґрунтом із наступним посівом багаторічних трав.

### **Питання для самоперевірки**

1. Які підготовчі роботи виконуються перед будівництвом осушувальної системи?
2. Які матеріали використовуються під час будівництва дренажу?
3. З яких циклів складається процес будівництва трубчастого дренажу?
4. Які технологічні операції виконуються під час вкладання дренажу траншейним способом?
5. 9. Які технологічні операції виконуються під час вкладання дренажу безтраншейним способом?
6. Як класифікуються перетини каналу залежно від положення дна до денної поверхні.
7. Якими механізмами розробляються канали у виїмці?



8. Назвіть загальну особливість каналів у напіввиїмці, напівнасіпу і в насипу.
9. Якими механізмами ущільнюється ґрунт у насипах каналів?
10. Назвіть типи протифільтраційного покриття зрошувальних каналів.
11. Які машини входять в склад комплекту машин для влаштування монолітних облицювань?
12. Яка відстань приймається між температурним швами в монолітному облицюванні каналів?
13. Які плити використовуються для облицювання каналів?
14. Які вантажопідйомні пристрої використовують під час монтажу збірних залізобетонних плит?
15. Що влаштовують у місці сполучення берми і плити облицювання укосу?
16. Які матеріали використовують для герметизації швів між збірними залізобетонними плитами?
17. Назвіть властивості бентонітового шнура?
18. Яка плівка використовується для створення екранів?
19. Які пристрої використовуються для зварювання полімерних плівок?
20. Перерахуйте типи геомембран.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДБН В.2.4-3:2010 Гідротехнічні споруди. Основні положення [Електрон. ресурс]. – Електрон. текст. дані. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2010. – 39 с. – Режим доступу: <https://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2017/12/86.1.-DBN-V.2.4-32010.-Gidrotehniczni-energetichni-ta-me.pdf>, вільний (дата звернення 10.11.2023). – Назва з екрана.

2. ВБН А.3.1-33-2.4-01-99 Напірні трубопроводи зрошувальних систем і систем водопостачання. Організація і технологія будівництва. [Електрон. ресурс]. – Електрон. текст. дані. – Київ : Держводгосп України, 1999. – 120 с. – Режим доступу: <https://dnaop.com/html/45259/doc-vidomchi-budiveljni-norminaripni-truboprovodi-zroshuvalynih-sistem-i-sistem-vodopostachan-nya-organizacija-i-teh-nologija-budivn>, вільний (дата звернення 10.11.2023). – Назва з екрана.

3. Ольховик О. І. Організація і технологія водогосподарського будівництва : навч. посіб. / О. І. Ольховик, Є. О. Ольховик. – Рівне : НУВГП, 2012. – 205 с. – Існує електрон. версія. – (Режим доступу: <http://ep3.nuwm.edu.ua/id/eprint/1812>, вільний).

4. Ольховик О. І. Технологія будівництва гідротехнічних, водогосподарських та природоохоронних споруд [Електрон. ресурс] : навч. посіб. / О. І. Ольховик, А. А. Білецький. – Електрон. текст. дані. – Рівне : НУВГП, 2019. – 377 с. – Режим доступу: <https://ep3.nuwm.edu.ua/15100/>, вільний (дата звернення 10.11.2023). – Назва з екрана.

5. Якименко О. В. Земляні роботи : навч. посіб. / О. В. Якименко ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. – 157 с. – Існує електрон. версія. – (Режим доступу: <https://eprints.kname.edu.ua/51759/1/2017.pdf>, вільний).

6. Якименко О. В. Технологія будівельного виробництва : навч. посіб. / О. В. Якименко; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2016. – 411 с. – Існує електрон. версія. – (Режим доступу: <https://eprints.kname.edu.ua/43342/1/2015pdf>, вільний).

7. Якименко О. В. Бетонні роботи : монографія / О. В. Якименко, О. В. Кондращенко, А. О. Атинян ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. – 277 с. – Існує електрон. версія. – (Режим доступу: <https://eprints.kname.edu.ua/50234/1/2016.pdf>, вільний).

*Електронне навчальне видання*

**ШАПОВАЛ Світлана Володимирівна**

**ТЕХНОЛОГІЯ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ  
ВОДОГОСПОДАРСЬКОГО БУДІВНИЦТВА**

**КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ**

*(для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти  
денної форми навчання зі спеціальності  
194 – Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології)*

Відповідальний за випуск *А. В. Кондратьєв*

Редактор *О. В. Михаленко*

Комп'ютерне верстання *І. В. Волосожарова*

План 2021, поз. 217Л

---

Підп. до друку 17.01.2024. Формат 60 × 84/16.  
Ум. друк. арк. 8,1.

Видавець і виготовлювач:

Харківський національний університет  
міського господарства імені О. М. Бекетова,  
вул. Маршала Бажанова 17, Харків, 61002.  
Електронна адреса: office@kname.edu.ua  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:  
ДК № 5328 від 11.04.2017.