

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

О. В. ЯКИМЕНКО

ЗЕМЛЯНІ РОБОТИ

НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК

Харків
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова
2018

УДК 692.113(075.8)
Я45

Автор

Якименко Олег Вікторович, кандидат економічних наук, доцент

Рецензенти

Котляр Микола Іванович, кандидат технічних наук, професор кафедри технології будівельного виробництва Харківського національного університету будівництва та архітектури;

Толмачев Сергій Миколайович, доктор технічних наук, професор кафедри технології дорожньо-будівельних матеріалів і хімії Харківського національного автомобільно-дорожнього університету

Рекомендовано до друку на засіданні Вченої ради ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, протокол № 7 від 21 лютого 2018 р.

Якименко О. В.

Я45 Земляні роботи : навч. посібник / О. В. Якименко ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. – 157 с.

У навчальному посібнику подано теоретичні основи, методи й способи виконання земляних робіт. Висвітлено питання застосування сучасних технічних засобів, будівельних машин та механізмів.

Навчальний посібник призначено студентам інженерно-будівельних спеціальностей і будівельних факультетів технічних навчальних закладів.

УДК 692.113(075.8)

© О. В. Якименко, 2018

© ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018

ЗМІСТ

ВСТУП	5
1 ЗЕМЛЯНІ СПОРУДИ. ВЛАСТИВОСТІ ҐРУНТІВ	6
1.1 Різновиди земляних споруд	6
1.2 Класифікація ґрунтів	10
1.3 Будівельні властивості ґрунтів	11
2 ПІДГОТОВЧІ РОБОТИ	15
2.1 Склад і призначення робіт підготовчого періоду	15
2.1.1 Інженерне забезпечення будівельного майданчика	15
2.1.2 Терміни виконання земляних робіт	17
2.2 Розчищення території	18
2.2.1 Корчування пнів і чагарнику	20
2.2.2 Знищення чагарнику хімічними засобами	24
2.2.3 Фрезерування чагарнику разом з ґрунтом	25
2.2.4 Прибирання валунів і каменів	26
2.2.5 Роботи з рослинним шаром ґрунту	28
2.3 Розбивання земляних споруд	29
3 ДОПОМІЖНІ РОБОТИ	31
3.1 Водовідлив та зниження рівня ґрунтових вод	31
3.1.1 Відкритий водовідлив	31
3.1.2 Штучне водозниження	33
3.2 Забезпечення стійкості стінок виїмок	37
3.3 Штучне закріплення ґрунтів	41
3.3.1 Штучне заморожування ґрунтів	41
3.3.2 Хімічні методи закріплення ґрунтів	42
3.4 Ущільнення ґрунтів	50
4 ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ ПЕРЕРОБЛЕННЯ ҐРУНТІВ	60
4.1 Обґрунтування й вибір способу виконання земляних робіт	61
4.2 Виконання земляних робіт за допомогою бульдозерів	61
4.2.1 Призначення й класифікація бульдозерів	61
4.2.2 Виконання робіт бульдозерним комплектом машин	65
4.2.3 Продуктивність бульдозерів	73
4.3 Виконання земляних робіт за допомогою скреперів	74
4.3.1 Призначення і класифікація скреперів	74
4.3.2 Виконання робіт за допомогою скреперного комплекту машин	78
4.4 Виконання земляних робіт за допомогою екскаваторів	88
4.4.1 Призначення й класифікація екскаваторів	88
4.4.2 Технологічні особливості та сфера застосування робочого обладнання «пряма лопата»	102

4.4.3	Технологічні особливості та сфера застосування робочого обладнання «зворотна лопата»	104
4.4.4	Технологічні особливості та сфера застосування робочого обладнання «драглайн»	106
5 ДОПОМІЖНІ ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ ПЕРЕРОБЛЕННЯ ГРУНТІВ		
	5.1 Перероблення ґрунту гідромеханічним методом	111
	5.1.1 Базові схеми виконання робіт	112
	5.1.2 Розроблення ґрунту за допомогою землесосних снарядів	116
	5.1.3 Гідравлічне транспортування ґрунту	117
	5.1.4 Укладання ґрунту в насип	118
	5.2 Розроблення ґрунту за допомогою буріння	120
	5.2.1 Обертальний спосіб буріння	122
	5.2.2 Ударний спосіб буріння	124
	5.2.3 Вібраційний спосіб буріння	126
	5.2.4 Термічний спосіб буріння	127
	5.2.5 Гідравлічний спосіб буріння	129
	5.3 Розроблення ґрунту за допомогою вибуху	129
	5.4 Розроблення ґрунту безтраншейним методом	132
	5.4.1 Метод проколювання	133
	5.4.2 Метод продавлювання	135
	5.4.3 Метод горизонтального буріння	137
	5.4.4 Щитовий метод	141
	5.4.5 Мікротунелювання	144
6 ОСОБЛИВОСТІ ВИКОНАННЯ ЗЕМЛЯНИХ РОБІТ У ЗИМОВИЙ ПЕРІОД		
	6.1 Методи розроблення ґрунту у зимовий період	147
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ		156

*Можна все життя проклинати темряву,
а можна запалити маленьку свічку.*

Конфуцій

ВСТУП

Зведення земляних споруд – це складний виробничий процес, у якому беруть участь найрізноманітніші будівельні машини та механізми, робітники, що різняться за спеціальностями та кваліфікацією, інженерно-технічні працівники. Під час цього застосовуються різноманітні об’ємно-планувальні та конструктивні рішення об’єктів, схеми та методи виконання робіт.

Важливою для зведення земляних споруд є організація їх будівництва в мінімальні терміни з урахуванням досконалої технології та механізації, з максимально раціональним ступенем поєднання головних будівельних, спеціальних та інших робіт. Вибір оптимального варіанта зведення об’єкта ґрунтується на зіставленні декількох варіантів, які різняться: методом зведення об’єкта, послідовністю виконання робіт, застосовуваними методами виконання робіт і засобами механізації, тривалістю виконання окремих циклів будівництва об’єкта, термінами початку і закінчення робіт.

Технологічна послідовність істотно впливає на загальний темп будівництва, порядок і методи виконання спеціальних та допоміжних будівельних робіт. До того ж необхідно усвідомлювати, що виконувати всі різновиди будівельних робіт, зокрема спеціальні, потрібно поєднуючи їх, кінцевою метою має бути отримання готової будівельної продукції у вигляді будівлі або споруди.

Головною ознакою поточного будівництва є рівномірне й безперервне виробництво. Для організації поточного виробництва необхідно розподілити загальний фронт будівельних робіт на окремі ділянки та захватки. Розподіл об’єкта на ділянки та захватки повинен визначатися технологічною необхідністю і передбачати можливість трансформування у зв’язку зі змінами, які можуть виникнути під час виконання робіт. Розміри ділянок встановлюють так, щоб на кожному з них можна було виконувати приблизно однакові за обсягами та трудомісткістю роботи.

Отже, організація будівельного виробництва повинна забезпечувати спрямованість усіх організаційних, технічних і технологічних рішень на досягнення кінцевого результату – введення в дію об’єкта з необхідною якістю і в установлені терміни. Правильно організувати зведення земляних споруд можливо за умови дотримання вимог проекту виконання робіт, контролю якості та техніки безпеки виконання робіт.

1 ЗЕМЛЯНІ СПОРУДИ. ВЛАСТИВОСТІ ҐРУНТІВ

1.1 Різновиди земляних споруд

Зведення будь-яких будівель і споруд призводить до необхідності перероблення ґрунтів, що передбачає їхнє розроблення, переміщення, укладання та ущільнення. Комплекс цих процесів називають земляними роботами (рис. 1.1).



Рисунок 1.1 – Розроблення ґрунту бульдозером

Питома частка земляних робіт у загальному обсязі будівельно-монтажних робіт дуже велика і на різних об'єктах становить від 15 % до 40 %, у деяких ситуаціях (наприклад під час прокладання інженерних комунікацій) і понад 40 % за трудомісткістю. На земляні роботи припадає близько 10 % всіх робітників, зайнятих у будівництві. Переробити таку кількість ґрунту можна тільки за умови застосування комплексної механізації та ефективних технологій виконання робіт.

Вартість і трудомісткість земляних робіт можна знизити, використовуючи раціональні проектні рішення, що забезпечують максимальну збалансованість необхідних виїмок і насипів за умови мінімальних відстаней переміщення ґрунту, використання необхідних комплектів машин, що зводить до мінімуму обсяги робіт, виконуваних уручну.

У наш час земляні роботи здебільшого виконують механізовані комплекси, а ручне розроблення ґрунту передбачено тільки в місцях, недоступних для машин, оскільки продуктивність ручної праці в 20...30 разів нижча, ніж механізована, що істотно впливає на загальні витрати праці.

Промисловість випускає різноманітні високопродуктивні землерийні, землерийно-транспортні, ущільнювальні машини та механізми.

Обирають комплект машин і спосіб виконання робіт на підставі техніко-економічного аналізу різних варіантів (рис. 1.2).



Рисунок 1.2 – Землерийно-транспортна машина – скрепер

Важливими умовами подальшого вдосконалення процесу виконання земляних робіт є:

- раціональна організація виконання земляних робіт за порами року, скорочення обсягів робіт, виконуваних у зимовий період;
- збільшення частки застосування високопродуктивних землерийних машин;
- створення і впровадження у виробництво комплектів машин для засипання траншей і котлованів, ущільнення і розроблення мерзлих ґрунтів.

У промисловому й цивільному будівництві земляні роботи доводиться виконувати під час влаштування котлованів і траншей під фундаменти та підземні комунікації, зведення земляного полотна доріг, а також планування майданчиків.

Виїмки й насипи, одержувані внаслідок розроблення та переміщення ґрунту, називають земляними спорудами. Відомі такі різновиди:

- *траншея* – виїмка, довжина якої в десять і більше разів перевищує її ширину;
- *котлован* – виїмка, довжина якої менша за її ширину в десять разів;
- *шурф* – глибока виїмка з малими розмірами в плані;
- *насип* – споруда з насипного й ущільненого ґрунту;
- *резерв* – виїмка, з якої беруть ґрунт для зведення насипу;
- *кавальєр* – насип для відсипання ґрунту, необхідного для зворотної засипки виїмок;
- *відвал* – насип, утворений унаслідок відсипання непотрібного ґрунту, а також створюваний для його тимчасового зберігання.

Виїмки, закриті з поверхні та влаштовані для спорудження транспортних і комунальних тунелів, називають підземними виробками. Після влаштування

підземних споруд і частин будівель грунт укладають у так звані пазухи – простір між бічною поверхнею споруди й укосиною котловану для повного закриття підземної споруди або комунікацій. Цей процес називають зворотною засипкою (рис. 1.3).

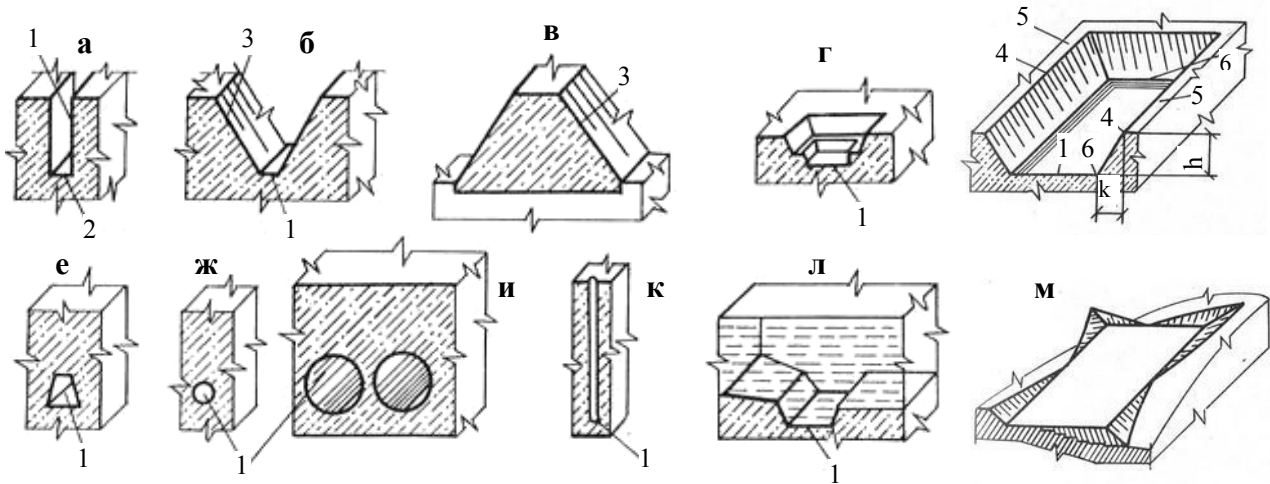


Рисунок 1.3 – Поперечні профілі земляних споруд: а, б – траншеї з вертикальними стінами й відкосинами; в – гребля; г – котлован під фундаментом; д – те саме, під споруду; е – підземне вироблення під штольнію; ж – те саме, під каналізаційний колектор; и – те саме, під тунель; к – свердловина бурова; л – траншея підводна; м – майданчик; 1 – дно; 2 – бокова стіна траншеї; 3 – бокова відкосина; 4 – брівка; 5 – берма; 6 – підшва; k – закладання відкосини; h – глибина вироблення

Земляні споруди розподіляють на такі різновиди:

– *постійні* – насип доріг, греблі, дамби, іригаційні й меліоративні канали, водойми, сплановані майданчики житлових кварталів, промислових комплексів, стадіонів, аеродромів тощо;

– *тимчасові* – виїмки для прокладання підземних комунікацій (див. рис. 1.4), споруд та влаштування фундаментів, насипу для тимчасових доріг;

– *кювети, водовідвідні канали* – допоміжні земляні споруди.

Залежно від призначення земляних споруд до них висувають різні вимоги щодо крутизни та ретельності оброблення укосів, ступеня ущільнення й фільтрування ґрунту, його стійкості до розмивання та інших механічних властивостей.

У разі, якщо глибина виїмки до 1 м у піску і до 2 м у дуже міцних нескельних ґрунтах, вони мають вертикальні стінки. При більшій глибині стінки повинні мати кріплення, або розроблятися з укосами, крутість яких характеризується коефіцієнтом закладення укосу (див. рис. 1.5). Характеристикою крутизни укосу є відношення висоти укосу до його горизонтальної проекції – закладення.

Забезпечення стійкості земляних споруд є найважливішою вимогою, що до них висуваються. Щоб її забезпечити, земляні споруди зводять з укосами необхідної крутизни. Крутизна укосу виїмки або насипу насамперед залежить від кута природного укосу ґрунту. Отже, її приймають залежно від глибини

виїмки або висоти насипу, властивостей ґрунту, їх вологості, особливостей споруд (постійні або тимчасові) та інших факторів.



Рисунок 1.4 – Виймання ґрунту для прокладення підземних комунікацій

Найбільша допустима крутість укосів котлованів і траншей – до 5 м завглибшки, що відриваються в нескельних ґрунтах вище рівня ґрунтових вод (РГВ) або в ґрунтах, осушених за допомогою штучного водозниження.



Рисунок 1.5 – Укоси котлованів

Унаслідок нашарування різних видів ґрунтів (окрім рослинного) крутість укосу для всіх пластів призначають по слабшому ґрунту (з меншою крутістю). Укоси насипів постійних споруд роблять більш пологими порівняно з укосами виїмок. Більш круті укоси допускаються під час влаштування тимчасових котлованів і траншей.

1.2 Класифікація ґрунтів

Ґрунтами називаються будь-які (пухкі) гірські породи, що залягають переважно в межах зони вивітрювання Землі та є об'єктами інженерно-будівельної діяльності людини. Ґрунти використовують як основа, середовище або матеріал для зведення будівель і споруд.

Ґрунти поділяються на два головні класи – скельні й нескельні.

Скельні ґрунти – це ґрунти з жорсткими структурними зв'язками, до яких належать магматичні (граніти, діорити), метаморфічні (гнейси, кварцити, сланці) й осадові зцементовані (пісковики, вапняки) породи.

Нескельні ґрунти – це ґрунти без жорстких структурних зв'язків. До нескельних ґрунтів належать пухкі гірські породи, що включають незв'язні (сипкі) і зв'язні породи (рис. 1.6).



Рисунок 1.6 – Нескельні ґрунти

До складу ґрунтів входять тверді мінерали, вода в різних станах, газоподібні включення, а також (у деяких ґрунтах) органічні сполуки.

За розмірами мінеральних часток нескельні ґрунти поділяють на такі різновиди:

– *великоуламкові* (валунні, галькові, гравійні й щебенисті) із вмістом частинок більше ніж 2 мм понад 50 % за масою;

- *піщані* (гравелисті, великі, середньої величини, дрібні і пилюваті);
- *пилювато-глинисті* (супіски, суглинки й глини).

Ґрунти або рослинні ґрунти – це природні утворення, що складають поверхневий шар земної кори та визначають родючість.

До *просадних* належать ґрунти, які під дією зовнішнього навантаження або власної ваги в разі замочування водою спричиняють осідання, зване просіданням (лесові й інші макропоруваті ґрунти).

Лесові ґрунти – це макропоруваті ґрунти, що містять карбонати кальцію та виявляють просадкові властивості під час замочування водою під навантаженням.

До *набухливих* належать ґрунти, які внаслідок замочування водою або хімічними розчинами збільшуються в обсязі, до того ж відносно набухання без навантаження становить $\epsilon_{sw} \geq 0,04$.

До *особливих різновидів ґрунтів* також варто віднести біогенні ґрунти, пливуни, рослинні й мерзлі ґрунти.

Ґрунти, що містять значну кількість органічних речовин, називаються *біогенними*. До них належать заторфовані ґрунти, торфи та сапропелі (прісноводні мули).

Мул – водонасичений свіжий осад водойми, що утворився внаслідок перебігу мікробіологічних процесів.

Пливуни – це ґрунти, які під час розкриття починають рухатися подібно до в'язкопливкого тіла, зустрічаються серед водонасичених дрібнозернистих пилюватих пісків.

1.3 Будівельні властивості ґрунтів

У будівництві здебільшого розробляються великоуламкові, піщані й пилювато-глинисті ґрунти. На вибір технології виконання робіт, трудомісткість та вартість земляних робіт істотно впливають щільність, вологість, міцність, розпушуваність, шматкуватість та інші властивості ґрунтів.

Вологість ґрунту помітно впливає на спосіб розроблення та здатність ґрунтів до ущільнення. Ґрунти з вологістю до 5 % вважаються сухими (або маловологими), понад 30 % – мокрими, а від 5 % до 30 % – нормальної вологості. Вологість, яка відповідає найбільшій (оптимальній) щільності ґрунту при найменших затратах праці на ущільнення, вважається оптимальною.

Для збільшення продуктивності машин, зниження трудомісткості робіт, а також підвищення їхньої якості (ущільнення ґрунту, влаштування насипів) ґрунти доводять до оптимальної вологості, яка визначається на підставі гранулометричного складу ґрунту.

При значній вологості пилювато-глинистих ґрунтів утворюється *липкість*, яка ускладнює вивантаження ґрунту з ковша або кузова машини, ускладнює роботу конвеєра та погіршує умови пересування машин і транспорту.

Липкістю називають здатність ґрунтів при певній вологості прилипати до поверхні різних матеріалів. Липкість є негативною властивістю ґрунтів і обумовлюється консистенцією ґрунту.

Розмочуваність становить процес повної або часткової втрати ґрунтом міцності під дією «спокійної» води. Цей процес характеризується певною тривалістю. Забезпечуючи стійкість стінок і укосів котлованів і земляних споруд, необхідно брати до уваги можливість їхнього замочування атмосферними опадами, аварійними скиданнями або ґрунтовими водами.

Розмивність – це руйнування ґрунтів під дією пливких вод. Розмивність обумовлюється складом ґрунту, його будовою, особливостями структурних зв'язків, а також ступенем мінералізації. Розмивність характеризується критичною розмивною швидкістю водного потоку, під час якої починається відривання окремих частинок і переміщення їх водою.

Глинисті ґрунти внаслідок своїх структурних зв'язків менше схильні до розмиву, ніж дрібнозернисті піски та пілуваті ґрунти.

Дані щодо розмивності ґрунтів необхідні для проектування водовідвідних каналів і каналів, а також укосів земляних споруд.

Тиксотропія – це перехід гелю в золь унаслідок динамічного впливу на ґрунт і навпаки – після припинення цього впливу. Тиксотропні явища властиві глинистим ґрунтам з коагуляційними зв'язками.

У разі порушення структурних зв'язків унаслідок механічної дії (вібрація, динамічні навантаження, знакозмінні коливання тиску) тиксотропне руйнування може бути повним (розрідження) або частковим (розм'якшення).

Набухання – це здатність ґрунтів збільшуватися в об'ємі внаслідок поглинання води. Набухання характеризується коефіцієнтом набухання, що є відношенням обсягу ґрунту після набухання до початкового об'єму.

Розпушуваність – це здатність ґрунту збільшуватися в об'ємі під час розроблення внаслідок втрати зв'язків між частинками, до того ж щільність ґрунту зменшується. Збільшення обсягу ґрунту характеризується коефіцієнтами початкового й залишкового розпушення.

Коефіцієнт початкового розпушення ґрунтів K_p становить: для піщаних – 1,08...1,2; пілувато-глинистих – 1,2...1,3; напівскельних і скельних під час підривання: «на струшування» – 1,1...1,2; «на розвалення» – 1,25...1,6.

Розпушений ґрунт, покладений у земляну споруду, ущільнюється. Однак такий ґрунт не займає початкового об'єму, який він мав до розроблення, і зберігає деяке розпушення, що характеризується коефіцієнтом залишкового розпушення $K_{з,р}$, значення якого для піщаних ґрунтів міститься в межах 1,01...1,025; суглинних – 1,015...1,05 і глинистих – 1,04...1,09.

Величина коефіцієнта $K_{з,р}$ зазвичай менше K_p на 15...20 %. Під час влаштування різноманітних виїмок і насипів важливо знати допустиму крутизну укосів, яка співвідноситься з кутом природного укосу.

ґрунти класифікують за складністю розроблення залежно від типу застосовуваної машини.

ґрунти різняться *електропровідністю*, яка має важливе значення під час виконання технологічних процесів, вона обумовлюється пропусканням через ґрунт електричного струму (осушення ґрунтів і занурення опускних колодязів

за допомогою електроосмосу, відтавання ґрунтів, закріплення ґрунту з використанням електричного струму тощо).

У процесі виконання земляних робіт доводиться мати справу з явищами замерзання та відтавання ґрунту, а також із закріпленням ґрунтів термічним способом, тому під час проектування процесу виконання робіт важливими є термодинамічні характеристики ґрунтів – їхня теплопровідність і теплоємність. Ці характеристики обумовлюються складом і вологістю ґрунту.

Цільовим призначенням геологічних вишукувань є визначення геолого-літологічної будови й інженерно-геологічних характеристик розрізу, визначення рівня підземних вод, їхньої агресивності, а також сейсмічності майданчика будівництва (рис. 1.7).



Рисунок 1.7 – Геологічні вишукувань на будівельному майданчику

Для реалізації визначеної мети послідовно вирішують такі питання:

- визначаються різновиди й обсяги робіт загалом, для всебічного об’єктивного вивчення необхідних і достатніх геологічних характеристик майданчика будівництва;
- встановлюється вивченість інженерно-геологічних умов майданчика будівництва;
- вивчаються фізико-географічні та техногенні умови на майданчику будівництва;
- визначаються геологічна будова та гідрогеологічні умови на майданчику будівництва;
- визначаються фізико-механічні властивості ґрунтів;
- подається точка зору фахівців геологічних та інженерно-геологічних процесів, що відбуваються на території будівельного майданчика;

– аналізуються специфічні ґрунти й геологічні умови у разі їх наявності на території об’єкта будівництва (рис. 1.8).

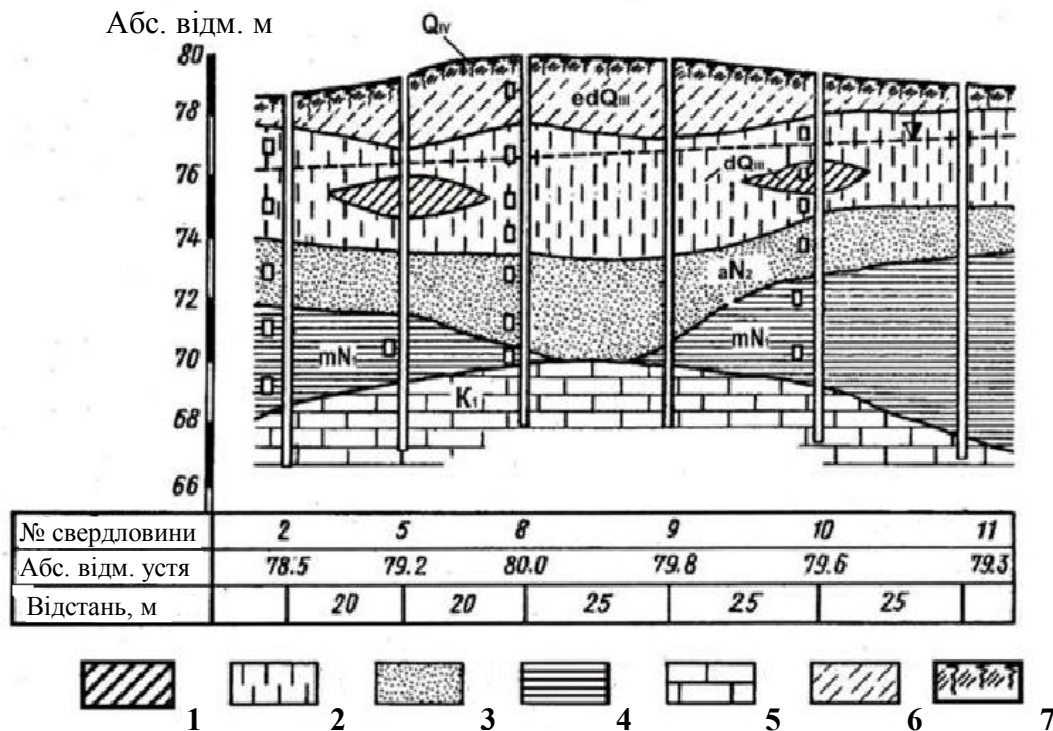


Рисунок 1.8 – Інженерно-геологічний розріз: 1 – суглинок; 2 – суглинок лесоподібний; 3 – пісок; 4 – глина; 5 – вапняк; 6 – супісок; 7 – шар ґрунтового-рослинний

Необхідні відомості про геологічну будову та гідрогеологічні умови на майданчику будівництва дають змогу обґрунтовано прийняти проектні рішення як для стадії підготовчого періоду, так і для проектування надземної частини будівлі або споруди.

Контрольні питання

1. Що важливо знати для подальшого вдосконалення виконання земляних робіт?
2. Назвіть різновиди земляних споруд.
3. Як впливає вологість ґрунту на спосіб його розроблення?
4. Назвіть коефіцієнти початкового розпушення ґрунтів Кр.
5. У чому полягає цільове призначення геологічних вишукувань?

2 ПІДГОТОВЧІ РОБОТИ

2.1 Склад і призначення робіт підготовчого періоду

Будь-якому будівництву (об'єкту або спорудженню) передує підготування майданчика, спрямоване на забезпечення необхідних умов для зведення у встановлені терміни будівель і споруд. Цей процес охоплює інженерне підготування та інженерне забезпечення.

Під час *інженерного підготування* виконують комплекс процесів (робіт), найбільш важливими з яких у технології будівельного виробництва є створення геодезичної розбивної основи, розчищення і планування території, відведення поверхневих і ґрунтових вод.

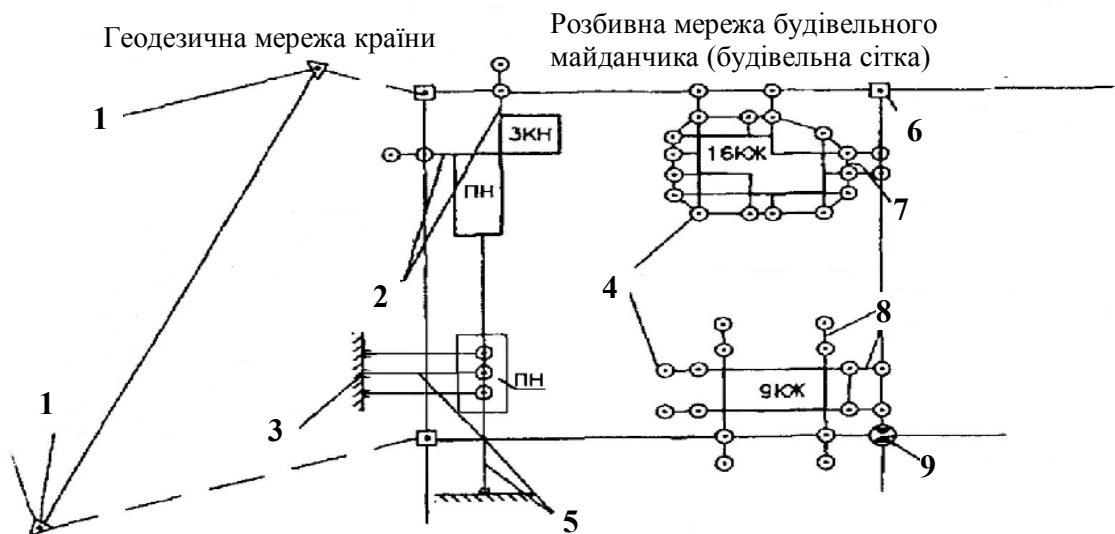


Рисунок 2.1 – Геодезична розбивна основа: а – геодезична мережа країни; б – розбивна мережа будівельного майданчика (будівельна сітка); 1 – пункт геодезичної мережі; 2 – монтажні геодезичні осі; 3 – знаки на стінах; 4 – знаки в ґрунті; 5 – головні розбивні осі; 6 – центр розбивної мережі; 7 – зовнішня розбивна мережа; 8 – головні геодезичні осі; 9 – центр і репер розбивної мережі

2.1.1 Інженерне забезпечення будівельного майданчика

Інженерне забезпечення будівельного майданчика передбачає влаштування тимчасових будівель, доріг і мереж водо-, електропостачання тощо.

Майданчик будівництва обладнують побутовими приміщеннями (роздягальнями, їдальнею, конторою виконавця робіт, душовими, санвузлами), складами для зберігання будівельних матеріалів, інструменту, тимчасовими майстернями, навісами тощо. Під ці споруди доцільно використовувати частину будівель, що зносять (якщо вони не потрапляють у габарити споруджуваної споруди та не будуть заважати здійсненню будівельних робіт), а також інвентарні будівлі вагонного або блочного типу.

Для транспортування вантажів потрібно максимально використовувати наявну дорожню мережу й тільки за необхідності передбачати влаштування тимчасових доріг (див. рис. 2.2).

У підготовчий період прокладають лінії тимчасового водопостачання, зокрема протипожежний водогін, і електропостачання з підведенням енергії до всіх побутових приміщень і місць установлення електромеханізмів. Приміщення виконроба повинно бути забезпечене телефонним та диспетчерським зв'язком. На будівельному майданчику обладнають місце для ремонту й стоянки землерийних та інших машин і автомобілів, його обов'язково огорожують або позначають відповідними знаками й написами.



Рисунок 2.2 – Влаштування тимчасових доріг

Інженерне зачищення території будівництва необхідно розпочинати з видалення або перенесення наявних інженерних комунікацій, що можливо тільки після отримання всіх узгоджень стосовно відімкнення систем (газо- й водопровідних, електричних мереж тощо). Після видалення або перенесення наявних інженерних комунікацій можна приступати або до виконання земляних робіт на об'єкті, або, якщо на території будівництва є будинки, що підлягають знесенню або переміщенню (останнє вкрай рідко), то необхідно виконати й ці роботи.

Роботи зі знесення будівель у технологічному плані повинні відповідати вимогам, що висуваються до будівельних машин, які виконують цей різновид робіт. Наприклад, бульдозером не можна зносити будівлю або споруду, висота якої більша, ніж висота самої машини, це унеможливить виникнення обвалення конструктиву на машину й травматизм машиніста. Цим самим принципом необхідно керуватися під час знесення будівель екскаватором. До того ж обов'язковою є вимога, що руйнування конструктиву шляхом натискання ковшем екскаватора з жорсткою підвіскою стріли має здійснюватися лише в напрямі «від себе». Це правило також поширюється і на ситуації, коли для

руйнування використовується пандус, що в цьому разі виготовляється самим екскаватором.

Зносити будівлю або споруду, особливо багатоповерхову, доцільніше за допомогою спеціальних засобів, зокрема гідрножиць. На сьогодні відомо багато різновидів подібних механізмів, здатних розрізати навіть залізобетонні конструкції. Гідрножиці – це навісне обладнання на стрілу екскаватора з жорсткою підвіскою, до того ж якщо стріла екскаватора подовжена, то її радіусу захоплення вистачає, щоб зруйнувати 4–5-ти поверхову будівлю, навіть без влаштування пандуса (рис. 2.3).



Рисунок 2.3 – Знесення багатоповерхового будинку за допомогою гідрножиць і подовженої стріли

Руйнування необхідно здійснювати в зворотній послідовності процесу зведення будівлі. Руйнуванню будівлі або споруди передують його обстеження зі складанням відомості матеріалів, придатних для повторного використання, якщо такі є. Якщо на об'єкті є матеріали повторного використання, то для знесення будівлі необхідно розробити проект виконання робіт (далі – ПВР), де докладно розписати різновиди робіт, їх послідовність, місця складування матеріалів за різновидами, а також шляхи їхнього вивезення з об'єкта будівництва.

2.1.2 Терміни виконання земляних робіт

Земляні роботи намагаються виконувати в найсприятливіші періоди року, коли ґрунти перебувають в незамерзломому стані та їхня вологість не дуже велика. Велике значення також має можливість руху машин по ґрунтових дорогах (землевозні дороги). Таким сприятливим періодом року для районів із помірним кліматом є весняно-літній та частина осіннього періоду.

Земляні роботи можна проводити не тільки у весняний, літній та осінній періоди, за необхідності їх виконують і взимку, але це потребує додаткових

витрат матеріальних ресурсів і праці для очищення від снігу, розпушення замерзлих ґрунтів, заходи щодо запобігання промерзання тощо.

У деяких районах узимку умови робіт, навпаки, виявляються кращими. Наприклад, у посушливих районах Середньої Азії, де промерзання ґрунтів незначне, а сніговий покрив відсутній або його товщина невелика, зимовий період – сприятливіший для виконання земляних робіт, оскільки у цей час вологість ґрунтів велика.

У деяких випадках промерзання ґрунтів є позитивним фактором і може мати вирішальне значення для обрання часу для виконання земляних робіт. Наприклад, у заболочених районах у літній період проїзд транспортних машин по ґрунтових дорогах ускладнений, а іноді навіть неможливий, тому, незважаючи на складність виконання земляних робіт узимку, це рішення часто виявляється раціональним або навіть єдино можливим.

Під час розроблення скельних ґрунтів їх промерзання практично не має значення.

У зимовий період зазвичай виконують частину земляних робіт, щоб не було простою машин, це потрібно для вивільнення транспорту від частини перевезень ґрунту влітку, коли потреба транспорту найбільша.

Терміни виконання земляних робіт у зимовий період визначають з урахуванням кліматичних умов, особливостей ґрунтів, їхньої вологості та промерзання. Кількість календарних днів і робочих змін визначають шляхом проведення розрахунків, виключаючи особливо несприятливі періоди.

2.2 Розчищення території

Деревно-чагарникова рослинність формує ландшафт місцевості та визначає індивідуальність території. До того ж частина деревно-чагарникової рослинності може бути ендемічною або мати іншу цінність.

У зв'язку з цим видалення деревно-чагарникової рослинності з території будівельної ділянки погоджується з архітектурним наглядом і земельним комітетом адміністративно-територіального утворення, де розташовано будівельний майданчик. Таке визначення завдання передбачає два можливі шляхи розвитку подій.

Перший, коли необхідно зберегти на території будівельного майданчика частину кущів або дерев. У цьому разі, до початку будь-яких робіт, необхідно подбати про можливість збереження зелених насаджень на території об'єкта будівництва шляхом пересаджування (див. рис. 2.4), обгороджувального захисту за місцем зростання тощо. Другий шлях – коли необхідно здійснити розчищення території об'єкта будівництва від деревно-чагарникової рослинності.

Таке розчищення території об'єкта будівництва проводиться за допомогою різних способів залежно від густоти й обсягів лісу й чагарнику.

До чагарнику належать рослини зі стовбурами діаметром 1,5...11 см при висоті до 5...6 м, до лісу – дерева зі стовбурами діаметром понад 12 см.

Дерева зі стовбурами діаметром понад 12 см зазвичай спочатку спилують, обробляють і використовують для будівельних або господарських цілей. Під час цього використовують ті самі прийоми та механізми, що й під час проведення лісозаготівель (мотопили, сучкорізи, трелювальні трактори).



Рисунок 2.4 – Збереження зелених насаджень на території об’єкта будівництва шляхом пересаджування

Залежно від породи дерев і ґрунту, на якому вони виростають, у них розвивається певний різновид кореневої системи – глибинна або поверхнева.

Дерева з поверхневою кореневою системою можуть бути прибрані з території будівельного майданчика шляхом звалювання за наявності місця для його здійснення. Звалювання дерев здійснюється бульдозером, спеціально обладнаним рамою для захисту кабіни (див. рис. 2.5, а). Якщо коренева система дерева глибинна і її неможливо прибрати за допомогою натискання відвалу бульдозера, то його спилують, а пень викорчуюють (див. рис. 2.5, б).

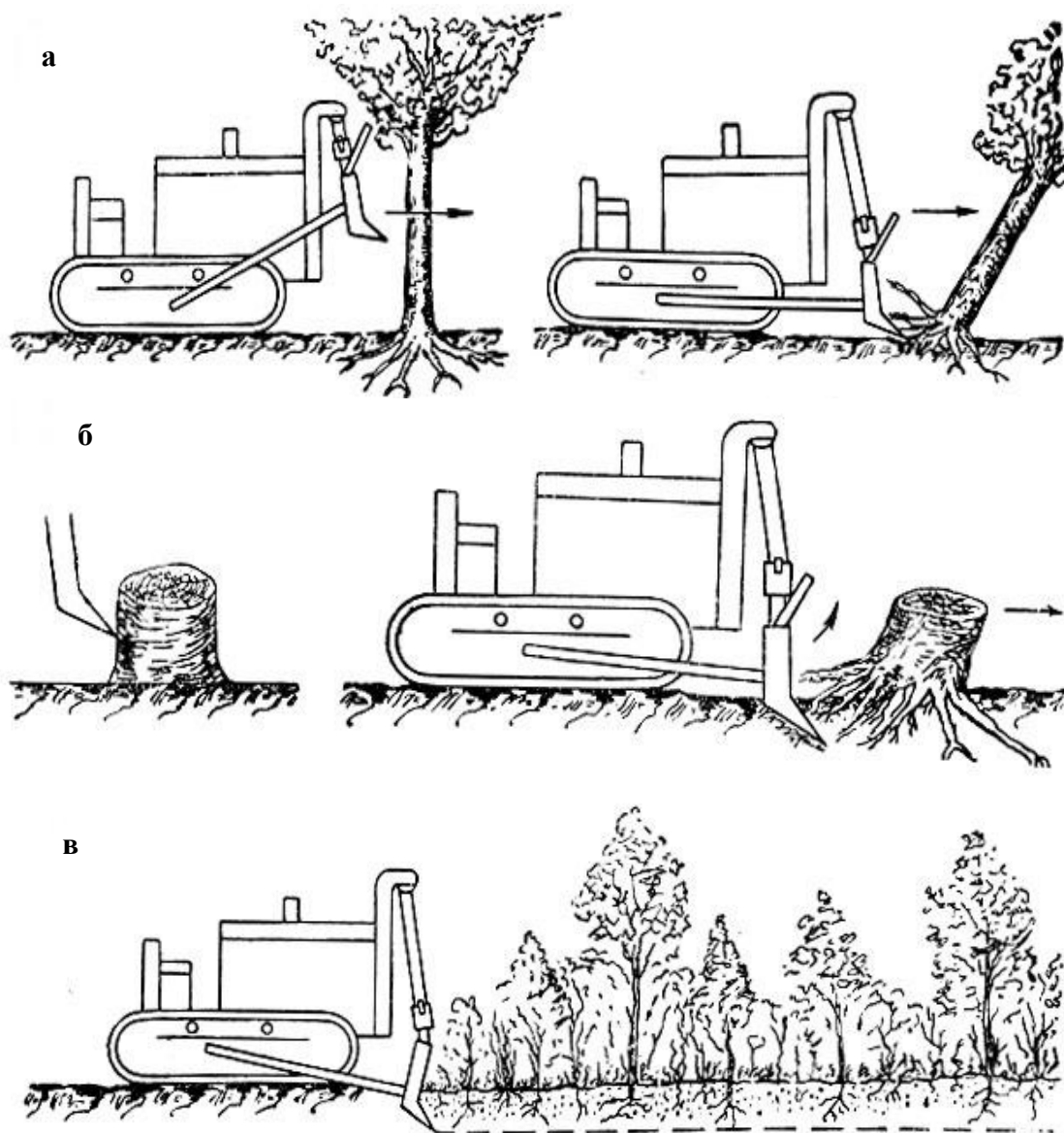


Рисунок 2.5 – Схеми роботи корчувача-збирача: а – звалювання дерев; б – викорчовування пнів; в – розчищення майданчика від чагарників

2.2.1 Корчування пнів і чагарнику

Розчищення території від пнів становлять такі процеси:

- підготування пенька до корчування – обрубання чагарників, обривання бічних коренів зубами тракторного корчувача, захоплення пенька корчувальними пристроями;
- корчування – витягування пенька із землі;
- оббивання землі з коренів і перетрушування пнів після підсушування протягом 3...4 тижнів шляхом багаторазового переміщення їх із місця на місце за допомогою корчувачів-збирачів, бульдозерів або шляхом скидання з деякої висоти після підймання;
- збирання викорчованих пнів у купи – тракторними корчувачами-збирачами, граблями, бульдозерами;
- навантаження пнів на транспортні засоби;

- транспортування на колісних причепах, волокушах, саморозвантажних лижах, що обираються з урахуванням дальності переміщення;
- вивантаження та складування у відведеному місці;
- засипання підкореневих ям бульдозерами.

Під час корчування великих пнів діаметром понад 40 см потрібно попередньо підрізати бічне коріння зубами тракторних викорчовувачів. Кожен великий пень діаметром понад 10...12 см викорчовують окремо.

Дрібні пеньки й коріння чагарників після зрізання кущорізами викорчовують за допомогою вичісування, обробляючи всю розчищену площу машинами й знаряддям з зубовими робочими органами (викорчовувачами-збирачами, роторними викорчовувачами). На сьогодні найпоширенішим є корчування пнів за допомогою різних тракторних викорчовувачів.

Корчування тросами за допомогою тракторів і лебідок потребує значних витрат ручної праці, а корчування за допомогою змінного обладнання одноковшеvim екскаватором малопродуктивне й дорого коштує, тому ці способи застосовують порівняно рідко.

Пеньки діаметром понад 80 см викорчовують вибуховим способом по-різному розташовуючи вибухові речовини (далі – ВР) (рис. 2.6).

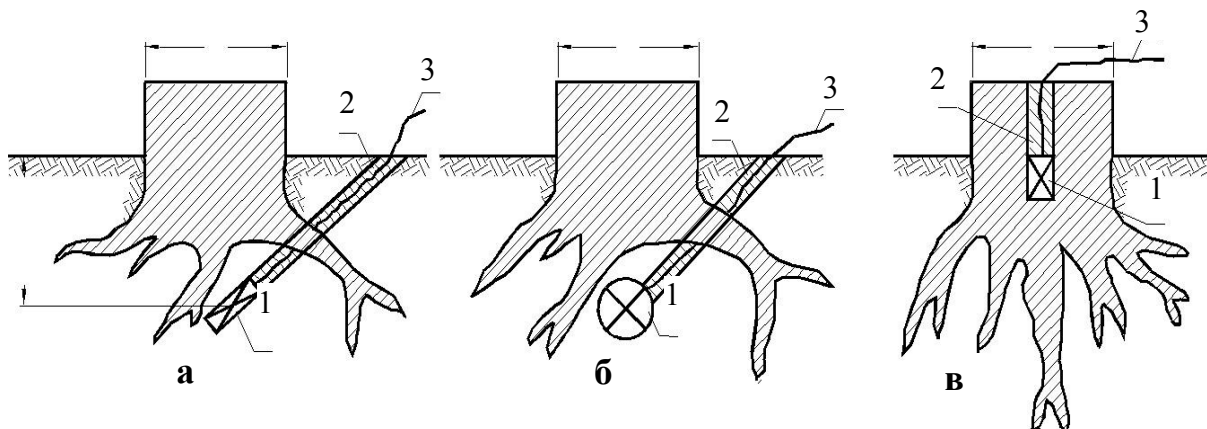


Рисунок 2.6 – Корчування пнів вибуховим способом: а – застосування ВР у шпурі нижче пенька; б – те саме, в котловому шпурі, нижче пенька; в – те саме, у шпурі, пробуреному в пеньку; 1 – заряди ВР; 2 – забивка; 3 – вогнепровідний шнур

На сьогодні роботи щодо оббивання землі з пнів і збирання викорчованих пнів механізовано погано. Ці процеси зазвичай виконують тими самими викорчовувачами-збирачами, тракторними граблями, бульдозерами, що призводить до переміщення разом із пеньками великого обсягу ґрунту, а це збільшення вартості робіт.

Чагарникову рослинність знищують на площі, залученій до будівельного процесу, одним із таких способів: корчуванням, зрізанням на рівні землі, хімічним обробленням із подальшим знищенням сухою, фрезеруванням разом із шаром ґрунту.

Чагарник викорчовують тракторним корчувачем разом із більшою частиною кореневої системи рослини. Корчувачі призначені для вилучення з ґрунту великих каменів, коренів і пнів на площах, відведених під земляні

роботи. Промислові гусеничні трактори комплектують навісним корчувальним обладнанням типу важеля (рис. 2.7).

Перед корчуванням корчувальний важіль установлюють так, щоб його зуби займали однакове з іклами-збирачами положення – перпендикулярно до землі. Машиніст за 1,0...1,5 м до пенька опускає обладнання на ґрунт і вмикає задню передачу. Під час руху заднім ходом зуби корчувального важеля та ікла-збирачі вриваються в ґрунт і підводяться під корчувальний об'єкт, при цьому робоча рама корчувача лягає на землю. Потім механізм повороту повертає корчувальний важіль проти годинникової стрілки і його зуби витягують корчувальний об'єкт на поверхню.

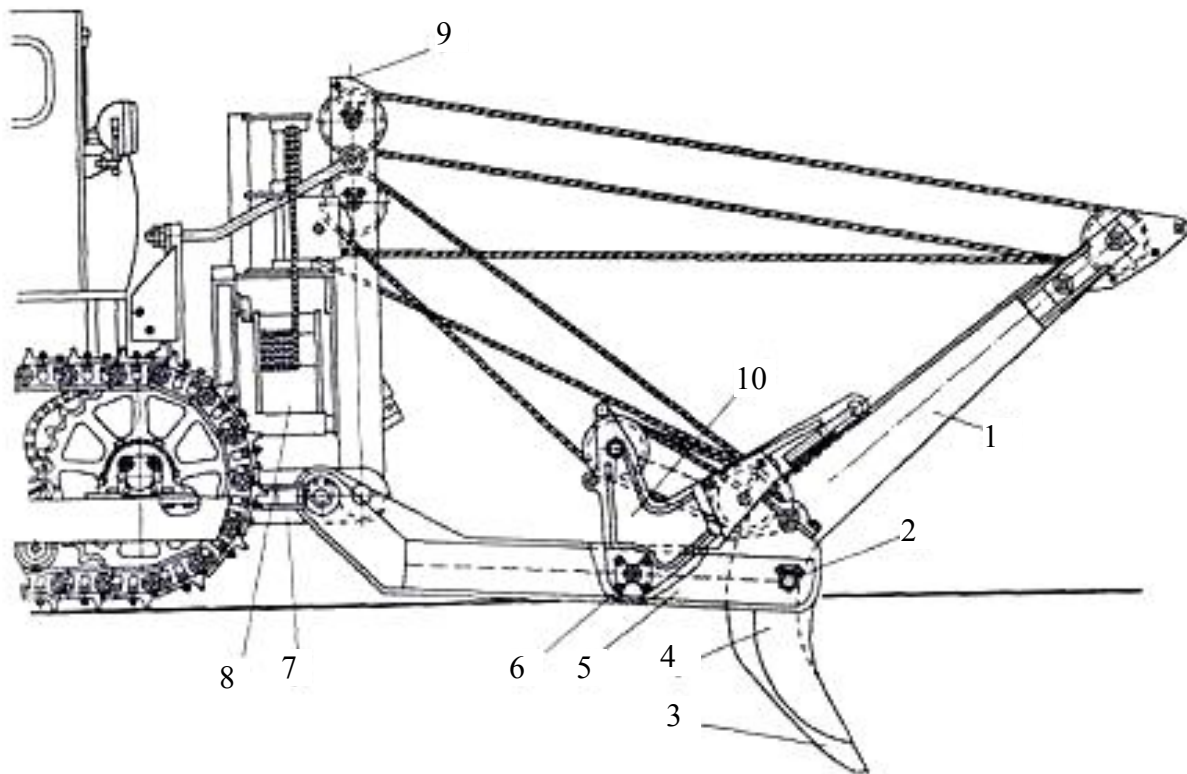


Рисунок 2.7 – Навісне корчувальне обладнання типу важеля з канатно-блоковим приводом:

- 1 – корчувальний важіль; 2 – вісь кріплення корчувального важеля до робочої рами;
- 3 – корчувальні зуби; 4 – ікла-збирачі робочої рами; 5 – робоча рама; 6 – вісь кріплення малого двоплечного важеля до робочої рами; 7 – причіпний пристрій робочої рами;
- 8 – лебідка механізму управління; 9 – вертикальний стояк кріплення нерухомих блоків поліспаств; 10 – малий двоплечний важіль

Опір, який долає корчувальний важіль, через раму передається на ґрунт, що звільняє конструкції базового тягача від навантаження, а занурені в ґрунт ікла-збирачі утримують машину на місці. Під час корчування пнів невеликого діаметра або зі слабкою кореневою системою ікла заглиблюють під пеньок і зрушують його штовхальним зусиллям трактора без підймання або з одночасним підйманням робочої рами разом з корчувальним важелем. Повернення корчувального важеля у вихідне щодо корчування положення в цій конструкції здійснює чотириразовий поліспаств повертання, що вмикається автоматично під час підймання робочого органу. У процесі підймання

робочого органу ролики котяться по бігових доріжках корчувального важеля і, натискаючи на них, повертають робочий орган.

Корчувачі-збирачі призначені для корчування пеньків та розчищення ґрунту від коренів і великих каменів із частковим розпушуванням ґрунтів, а також видалення повалених дерев і кущів. Робочим обладнанням корчувачів-збирачів укомплектовують гусеничні трактори (рис. 2.8). На штовхальній рамі вмонтовують відбійний щиток і робочу балку, у прорізах якої кріплять корчувальні зуби.

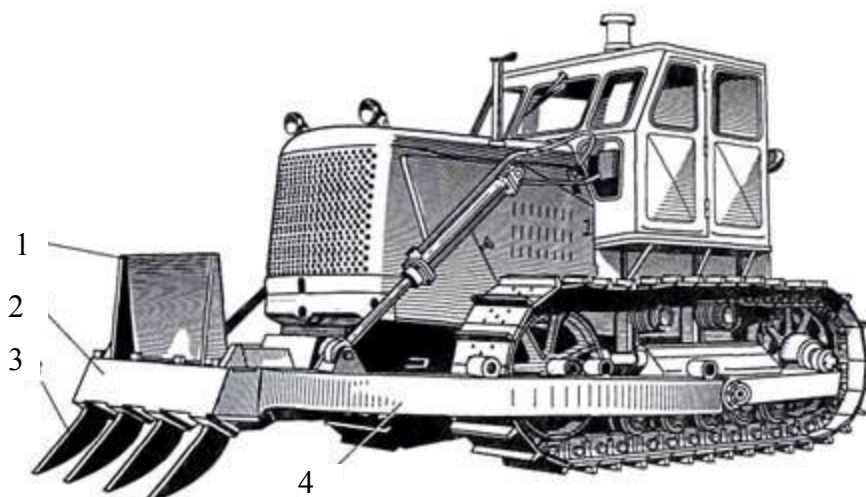


Рисунок 2.8 – Корчувач-збирач на базі гусеничного трактора:

1 – відбійний щиток; 2 – робоча балка; 3 – корчувальні зуби; 4 – штовхальна рама

Зазвичай корчувачі-збирачі мають на відвалі не більше чотирьох зубів, але випускають відвали, на яких встановлюють дев'ять зубів, унаслідок чого ними легше згрібати чагарник та переміщати пеньки й коріння в купи або вали.

Корчувачі-збирачі видаляють пеньки, розриваючи коріння штовхальним зусиллям трактора й одночасно прикладаючи до них за допомогою гідروциліндрів підйому штовхальної рами вертикальне зусилля. Під час корчування, згрібання й транспортування викорчовуваної (або зрізаної кущорізами) деревини ці машини переміщують у вали й купи значну кількість родючого ґрунту.

Після підсихання протягом 15...20 днів коріння оббивають від ґрунту шляхом їхнього перевертання, а також згрібають підсохлу масу у вали чи купи (за допомогою тракторних корчівників або грабелів) для подальшого вивезення за межі об'єкта будівництва.

У разі застосування такого способу знищення чагарнику поліпшується якість і прискорюється процес очищення об'єкта від коренів і дрібних пнів, однак він супроводжується такими недоліками:

– під час згрібання викорчовуваної маси втрачається багато рослинного ґрунту;

– великим є обсяг переміщеного ґрунту (до 1 000 т/га);

– значними є трудомісткість і вартість реалізації операції.

На рівні землі чагарник зрізають кущорізами різних типів, а в зимовий

період (на мерзлому ґрунті) – бульдозерами.

Під час зрізання тонких стовбурів чагарнику (особливо верби) кущорізами з пасивним робочим органом відбувається пригинання гілок. На таких ділянках потрібно застосовувати повторне зрізання, а іноді й корчування чагарнику.

Зрізану масу також згрібають у вали або купи для вивезення, а за наявності ям, ярів, знижень – для закопування. Надалі на звільненій від деревно-рослинної маси площі необхідно провести корчування коренів і пнів за допомогою корчувачів різних типів, згрібання й збирання кореневих залишків і вивезення їх за межі об'єкта.

Перевагами цього способу є зменшення обсягу переміщуваного ґрунтового шару (до 700 т/га).

Для зменшення обсягу переміщуваного рослинного ґрунту зрізання й згрібання чагарнику доцільно проводити по мерзлому ґрунту, використовуючи для цього бульдозери.

2.2.2 Знищення чагарнику хімічними засобами

Хімічні препарати – арборициди (з лат. arbor – дерево, caedo – вбиваю), застосовують для знищення деревно-чагарникової рослинності.

Під дією хімікатів після оббрикування з літаків чи наземних засобів рослини гинуть, засихають, розпочинається процес розкладання гілок, стовбурів і кореневої системи. За 2...3 роки після хімічного оброблення тонкі стовбури перегнивають, а товстіші перетворюються на ламкий сухостій. Для очищення території здійснюють ламання й прибирання сухої деревини, що залишилася, механічними засобами (траловим ланцюгом, котками, бульдозерами, кущорізами, корчувачами-збирачами, тракторними граблями), а також застосовують звичайні способи – згрібання у вали і купи і вивезення за межі будівельного об'єкта.

Для оббрикування арборициди розчиняють у воді або дизельному паливі. Витрати розчину під час авіаційного оброблення становлять 50...250 л/га, із наземних засобів – 1 300...2 500 л/га. Хімічне оброблення рекомендується проводити в літні безвітряні дні – з кінця травня до середини серпня.

Поряд із перевагами хімічний метод знищення рослинності відрізняється низкою істотних недоліків, що обмежують його застосування:

- недієвість стосовно багатьох порід дерев і чагарників;
- неможливість застосування авіаційного оброблення на малих площах, окремих ділянках, поблизу населених пунктів, посівних площ, місць випасу домашніх тварин тощо;
- велика витрата хімічних препаратів і значна вартість оброблення під час використання наземних засобів (оббрикувачів);
- залежність від метеорологічних умов;
- необхідність проводити оброблення тільки в певні періоди року;
- згубний вплив на тварин і рослинний світ суміжних територій;
- відсутність впевненості в належному ефекті.

2.2.3 Фрезерування чагарнику разом з ґрунтом

Розглянуті способи знищення деревно-чагарникової рослинності потребують виконання великої кількості операцій, тривають довго і, зазвичай, не забезпечують хорошої якості очищення території будівництва від дрібних залишків чагарникової рослинності. Перелічені недоліки не властиві способу глибокого фрезерування чагарнику разом із верхнім ґрунтовим шаром, який здійснюється за допомогою спеціальних машин (рис. 2.9).

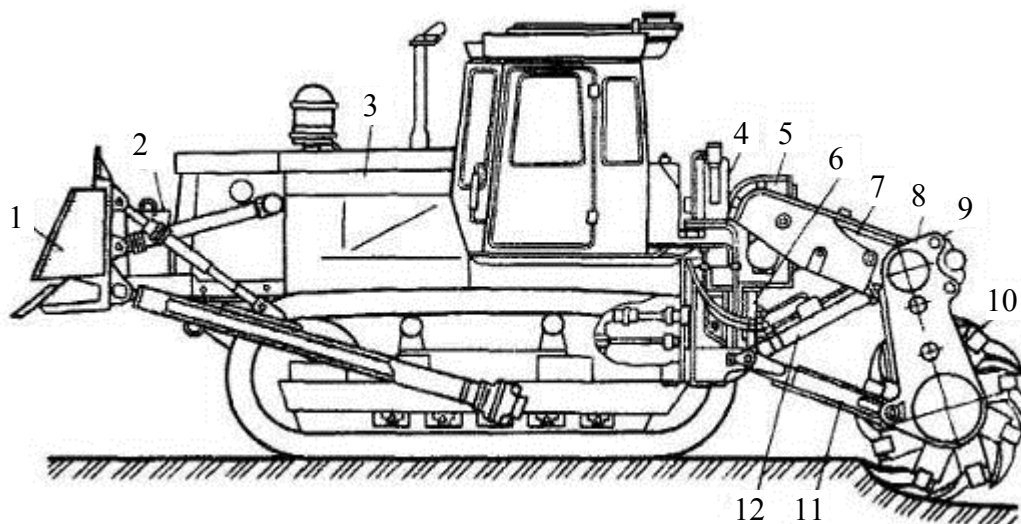


Рисунок 2.9 – Землерийно-фрезерна машина: 1 – бульдозерний відвал; 2 – противага; 3 – гідросистема базового трактора; 4 – ходозменшувач; 5 – редуктор відбору потужності; 6 – запобіжна муфта граничного моменту; 7 – ланцюгові передачі; 8 – бортові редуктори; 9 – поперечна балка; 10 – привід фрези; 11 – нижня рама; 12 – гідроциліндри

Сучасні землерийно-фрезерувальні машини за один прохід обробляють смугу ґрунту завширшки 2,6...3,4 м при глибині фрезерування до 0,25...0,35 м. Після кожного проходу фрезою зруйнований ґрунт (матеріал) забирається бульдозерним відвалом. Продуктивність землерийно-фрезерувальних машин під час розроблення мерзлого ґрунту становить 140...400 м³/год.

Головним недоліком землерийно-фрезерних машин є інтенсивне абразивне зношування різальних елементів.

Під час глибокого фрезерування повністю знищується деревно-чагарникова рослинність разом із кореневою системою, що унеможливає всі подальші операції. Глибоке фрезерування чагарнику можна проводити на площах із деревами та кущами з діаметром до 10 см і висотою до 6...8 м (за наявності пеньків із діаметром до 10...12 см), але тільки в разі відсутності кам'янистих включень. Цей спосіб, а також машини, що його реалізують, призначені переважно для роботи на торф'янистих ґрунтах, але можуть бути застосовані й на мінеральних із урахуванням обумовлених обмежень (див. рис. 2.10).

Незважаючи на всі переваги, спосіб глибокого фрезерування чагарнику застосовується обмежено, оскільки він має такі недоліки:

- низька продуктивність – 0,2...0,4 га/зміну;
- велика витрата пального – 350...450 кг/га;

- швидке зношення різальних ножів;
- порівняно висока вартість робіт.



Рисунок 2.10 – Мульчер-кущоріз

Той чи інший спосіб знищення деревно-чагарникової рослинності, зрештою, обирають на підставі техніко-економічного порівняння можливих для реалізації варіантів.

2.2.4 Прибирання валунів і каменів

Кам'янисті включення на території об'єкта будівництва в окремих випадках не дають змоги ефективно здійснювати на ньому роботи і повноцінно використовувати землі, тому засмічені камінням і валунами землі об'єктів будівництва очищують (див. рис. 2.11).

Завалуненість земель оцінюють за обсягом каменів на 1 га в шарі завглибшки до 0,5...0,6 м відповідно до таких норм:

- слабо завалунені землі – 5...20 м³/га;
- середньо завалунені землі – 20...50 м³/га;
- сильно завалунені землі – 50...100 м³/га;
- дуже сильно завалунені землі – 100...200 м³/га і більше.

За величиною камені й валуни прийнято розподіляти на:

- дуже великі – діаметром понад 1,5 м;
- великі – діаметром 1,0...1,5 м;
- середні – діаметром 0,6...1,0 м;
- невеликі – діаметром 0,3...0,6 м;
- дрібні – діаметром менше 0,3 м.

Технологія збирання каменю з території будівництва передбачає застосування таких процесів:

- дроблення окремих дуже великих кам'яних брил;
- викорчовування каменів із землі;
- збирання каменю в купи або переміщення його за межі території будівництва;
- навантаження зібраного каменю в транспортні засоби;
- транспортування каменю з укладанням його у відведеному місці.



Рисунок 2.11 – Прибирання валунів і каменів із території об'єкта будівництва

Дроблення окремих дуже великих кам'яних брил можна здійснювати за допомогою гідромолотів у вигляді навісного обладнання на стрілу екскаватора, з жорсткою підвіскою або вибухом за допомогою вибухових речовин (ВР).

Вибухом дроблення каменів здійснюється наступними способами (рис. 2.12):

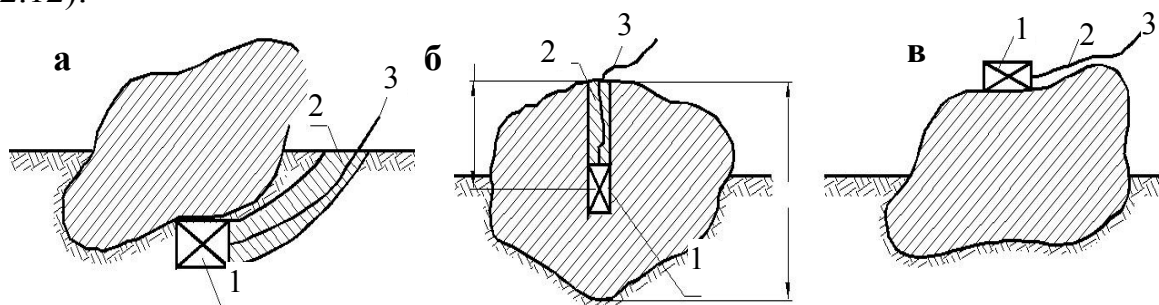


Рисунок 2.12 – Дроблення каменів вибуховим способом: а – застосування ВР у підкоп нижче каменю; б – те саме, ВР у шпурі, пробуреному в камені; в – те саме, ВР виконане накладним зарядом (простим або кумулятивним); 1 – заряди ВР; 2 – забивка; 3 – вогнепровідний шнур

Зібраний кам'янистий матеріал, непридатний для використання в будівельних цілях, рекомендується транспортувати й звалювати в понижені місця (великі ями, яри) з подальшим засипанням їх ґрунтом під час планування території.

Усі каменеприбиральні роботи рекомендується проводити посуху, з метою зниження неефективних витрат, пов'язаних із налипанням ґрунту як на камені, так і на будівельній техніці.

За технологією після викорчовування пнів, чагарнику, прибирання каменів утворені ями і нерівності необхідно засипати й зарівняти.

2.2.5 Роботи з рослинним шаром ґрунту

На території об'єкта будівництва з метою подальшої рекультивациі верхнього шару землі після його остаточного завершення змінюють рельєф місцевості, а також знімають родючий шар ґрунту. Для цього використовують бульдозер (рис. 2.13).

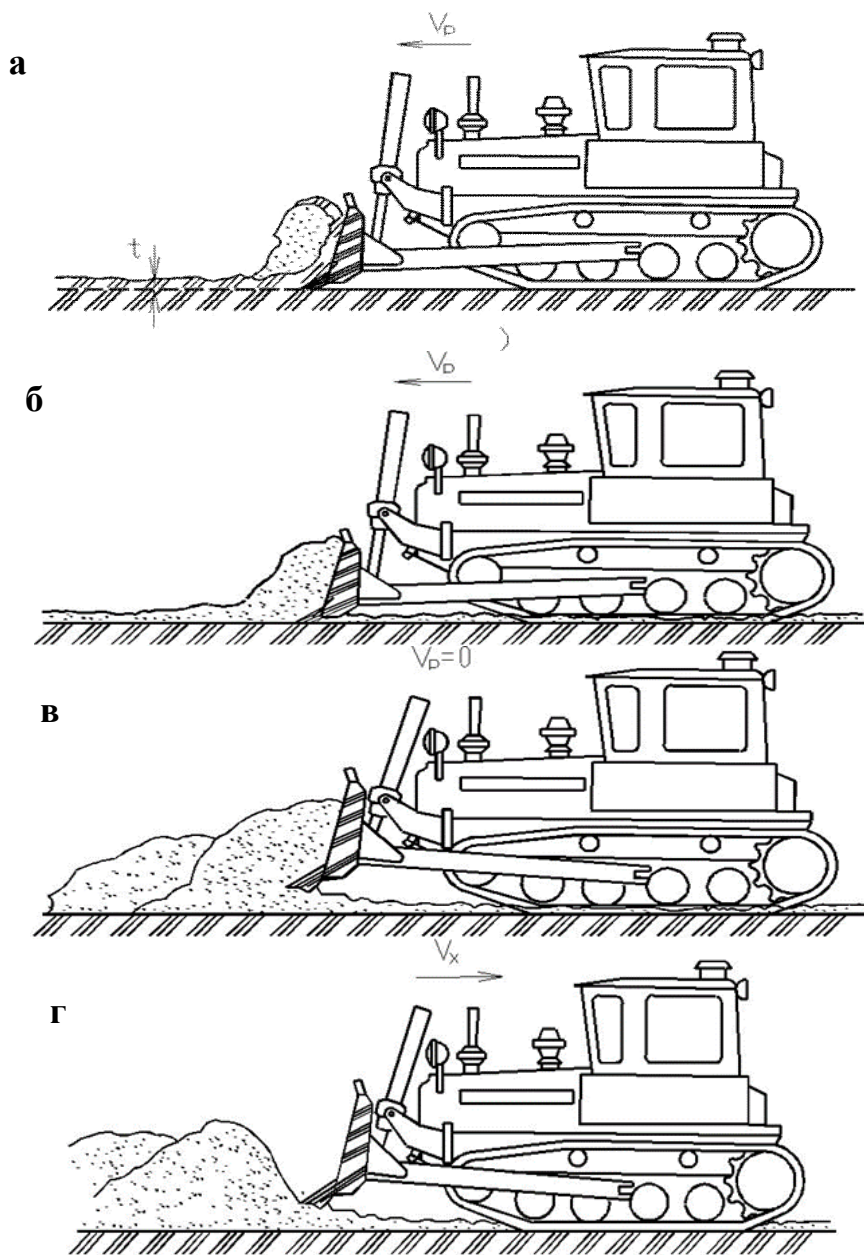


Рисунок 2.13 – Робочі цикли бульдозера під час розроблення рослинного шару на будівельному майданчику: а – різання рослинного шару ґрунту; б – транспортування рослинного шару з підрізанням ґрунту; в – відсипання ґрунту бульдозером; г – холостий хід бульдозера

Використовуючи наведені вище цикли роботи бульдозера можна також планувати будівельний майданчик.

За необхідності під час виконання зазначених робіт можуть застосуватися й інші землерійно-транспортні машини.

2.3 Розбивання земляних споруд

Розбивання земляних споруд полягає в установленні й закріпленні їхнього положення на місцевості. Його здійснюють за допомогою геодезичних інструментів і різних вимірювальних пристроїв.

Позначення на місцевості меж земляних робіт (контурів виїмок і насипів) у плані й за висотою (розбивання земляних робіт) виконують після завершення робіт щодо підготування території будівництва. Щоб уникнути помилок під час розбивання, необхідно спочатку перевірити відповідність фактичних відміток опорних геодезичних знаків (реперів) проектним. Перевіряють геодезичні знаки та відновлюють сітки квадратів так само, як і перед винесенням проекту в натуру.

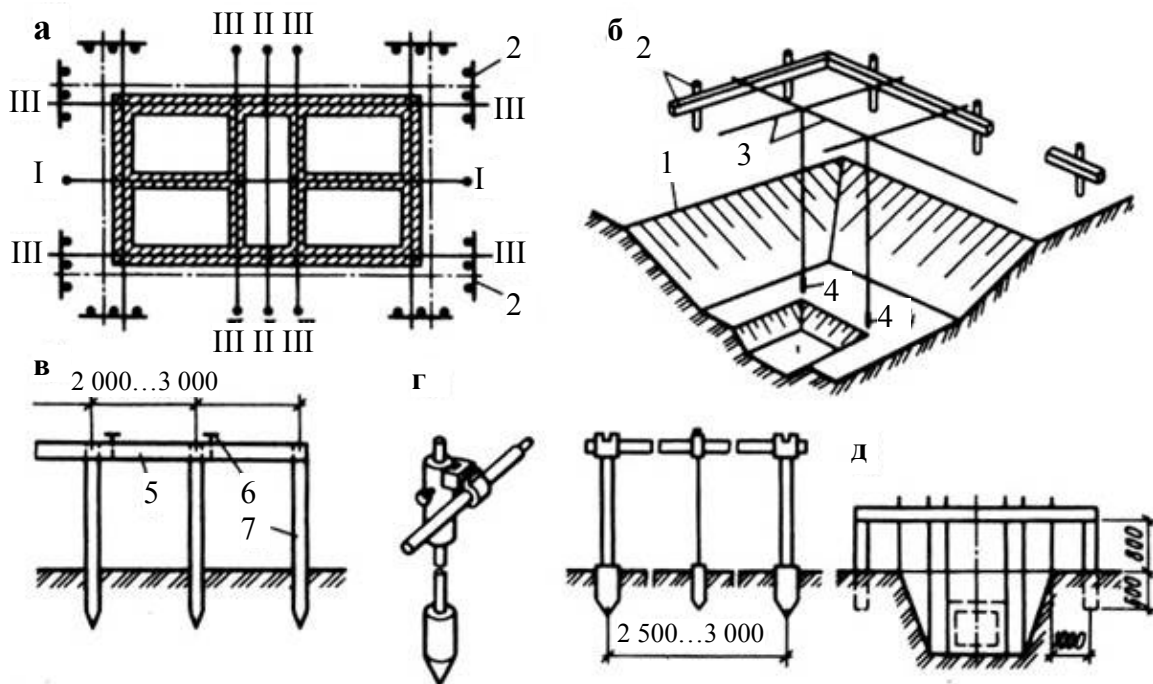


Рисунок 2.14 – Схема розбивання котлованів і траншей: а – схема розроблення котловану; б – схема обнесення; в – елементи обнесення разового використання; г – інвентарне металеве обнесення; д – схема розбивання траншей; I-I і II-II – головні осі будівлі; III-III – осі стін будівлі; 1 – межі котловану, 2 – обнесення, 3 – дріт (причалка); 4 – схили; 5 – дошка; 6 – цвях; 7 – стояк

Розбивання виконують за ділянками черговості у тій самій послідовності, в якій заплановано виконання земляних робіт. Оскільки геодезичні роботи не повинні перешкоджати виконанню земляних робіт, їх потрібно проводити з деяким випередженням останніх, але надмірне випередження може призвести до знищення розбивних знаків до підходу потоку земляних робіт.

Розбивання котлованів розпочинають із виносу й закріплення на місцевості (відповідно до проекту) створними знаками базових робочих осей

(див. рис. 2.14, а). Після цього навколо майбутнього котловану на відстані 2...3 м від його брівки паралельно до головних розбивних осей встановлюють обноску (див. рис. 2.14, б), що складається із забитих у ґрунт металевих стояків або вкопаних дерев'яних стовпів і прикріплених до них дощок.

Для пропускання транспортних засобів в обносках необхідно передбачити розриви. На обноску переносять головні геодезичні осі, які закріплюють за допомогою цвяхів або пропилів та нумерують. На металевій обносці осі закріплюють фарбою. Розміри котловану зверху, знизу й у інших його точках позначають добре помітними кілочками. Після зведення підземної частини будівлі геодезичні осі переносять на його цоколь. Для лінійно протяжних споруд (наприклад колектора) влаштовують тільки поперечні обноски, які розміщують на прямих ділянках через 50 м, а на заокругленнях – через 20 м (див. рис. 2.14, в).

Висотну розбивку, тобто винесення проектної поверхні, проводять шляхом забивання по нівеліру у вершинах квадратів кілочків, верх яких співвідноситься з проектною поверхнею з відхиленням 10 мм.

На ділянках насипів висота кілочків дорівнює робочій позначці. У виїмках до забивання кілочка потрібно зробити прикопання, що дорівнює величині робочої позначки. Якщо величина робочих відміток перевищує 0,5 м, кілочки потрібно забивати після часткового виконання земляних робіт, коли до проектної поверхні залишиться 30..50 см.

У процесі робіт для постійного контролю та відновлення проектних відміток встановлюють робочі реperi за переділками контурів виїмок і насипів на відстані, що дає змогу проводити відновлення без проміжних точок.

Контрольні питання

1. З чого необхідно розпочинати проведення інженерного зачищення території будівництва?
2. З яких процесів складається розчищення території від пнів?
3. Перелічіть недоліки хімічного методу знищення рослинності.
4. На яких площах можна проводити глибоке фрезерування чагарнику?
5. Наведіть значення завалуненість земель за обсягом каменів на 1 га.
6. У чому полягає розбивання земляних споруд?

3 ДОПОМІЖНІ РОБОТИ

3.1 Водовідлив та зниження рівня ґрунтових вод

Наявність води в котловані чи траншеї в разі розташування їхнього дна нижче рівня ґрунтових вод не тільки ускладнює виконання земляних робіт, але іноді й унеможлиблює виконання робіт.

Водовідлив використовують у разі незначного припливу ґрунтових вод у котлован або траншею. Для запобігання накопиченню води залежно від величини припливу ґрунтових вод і водовіддавання ґрунтів застосовують спосіб відкритого водовідливу. Викачану воду скидають у дощоприймальні колодязі наявної водостічної мережі або у водовідвідні канали (рис. 3.1).

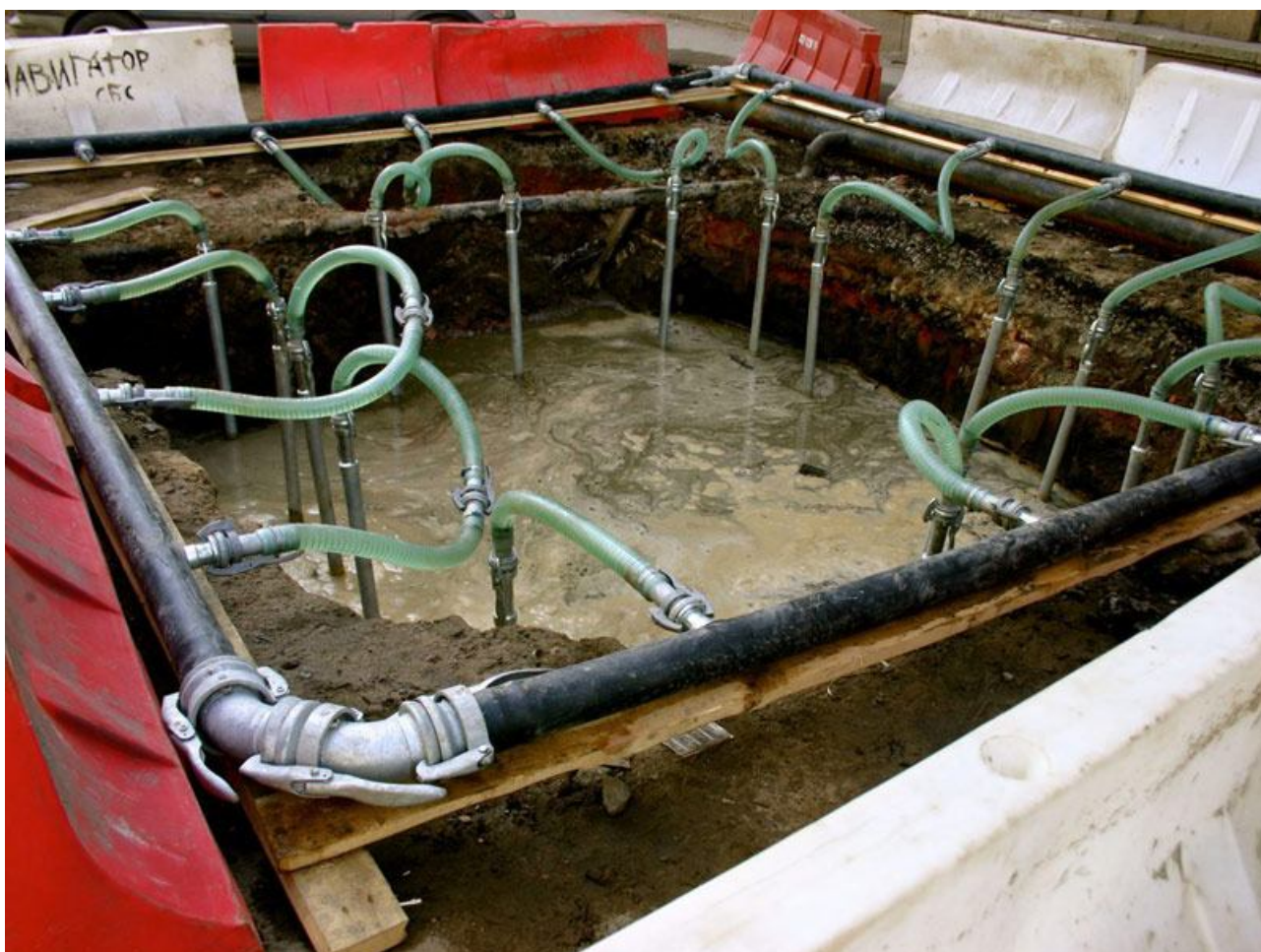


Рисунок 3.1 – Відкритий водовідлив

3.1.1 Відкритий водовідлив

Під час цього способу ґрунтову воду, що надходить, видаляють насосами (діафрагмовими або відцентровими) безпосередньо з 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 дощок і дерев'яні ящики розміром 0,8...1,0 м. З цих приймачів протягом усього терміну будівництва насосами

відкачують воду. Після закінчення будівництва ящики в приймачах замінюють водозбірними колодзями 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 (рис. 3.2).

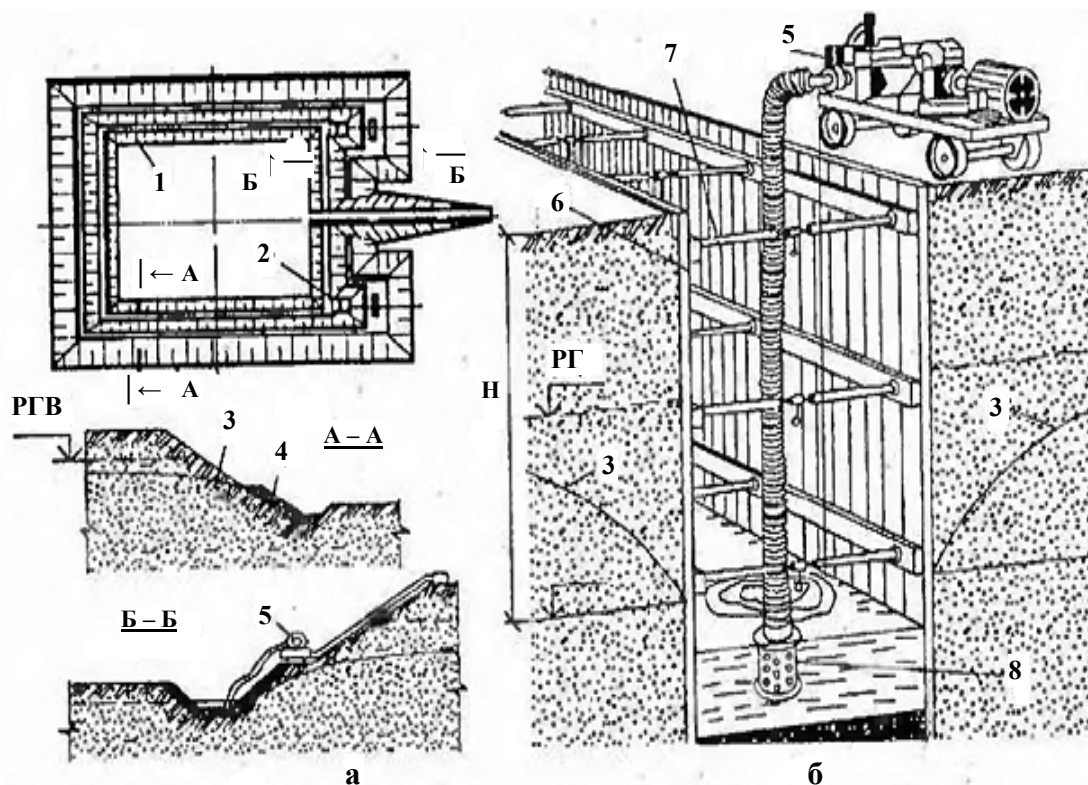


Рисунок 3.2 – Відкритий водовідлив: а – із котловану; б – із траншеї;
 1 – дренажна канава; 2 – приямок (зумпф); 3 – знижений рівень ґрунтових вод;
 4 – дренажне привантаження; 5 – насос; 6 – шпунтове кріплення; 7 – інвентарні розпірки;
 8 – всмоктувальний рукав із сіткою (фільтром); Н – висота всмоктування до 5...6 м

Перевагою такого способу водовідливу є простота влаштування робіт. Недоліками відкритого водовідливу є неминучий приплив води в 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.

У разі, якщо приплив ґрунтових вод значніший, особливо в 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.

3.1.2 Штучне водозниження

Одним із найефективніших способів осушення ґрунтового масиву нижче підшви споруджуваного об'єкта і запобігання водотоку в траншею або котлован є штучне водозниження рівня ґрунтових вод за допомогою голкофільтрових установок (рис. 3.3).



Рисунок 3.3 – Голкофільтровий спосіб зниження рівня ґрунтових вод

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

Цей спосіб використовують під час будівництва підземних споруд дрібного закладення відкритим способом у тих випадках, коли рівень ґрунтових вод розташовується вище підшви підземної споруди. 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 й рівень ґрунтових вод розташовується нижче підшви 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 весь період будівництва, забезпечуючи постійний рівень ґрунтових вод. Штучне зниження ґрунтових вод приймається в досить широкому діапазоні ґрунтових умов за різного ступеня

водовіддавання ґрунтів, однак найефективнішим цей спосіб для незв'язних ґрунтів із коефіцієнтом фільтрації 0,3...100 м/добу.

Влаштування голкофільтрових установок. Зазвичай голкофільтри легких і ежекторних водознижувальних установок занурюються в піщані однорідні ґрунти за допомогою гідророзмивання під тиском 0,4...0,6 МПа. У разі наявності в піщаному шарі великих включень гравію або значних за висотою прошарків щільного глинястого ґрунту голкофільтри встановлюють у задалегідь пробурені свердловини. Вакуумні концентричні водоприймачі ежекторних водознижувальних установок встановлюють тільки в пробурені свердловини. Водопідіймальну (внутрішню) колону труб з ежекторним водопідійомником монтуєть після занурення в ґрунт надфільтрової (зовнішньої) колони труб ежекторного голкофільтра.

Навколо голкофільтрів у ґрунтах із коефіцієнтом фільтрації менше 5 м/добу влаштовують піщано-гравійне обсіпання. У безнапірному водоносному шарі з коефіцієнтом фільтрації 0,5...2 м/добу піщано-гравійне обсіпання голкофільтрів установок вакуумного водопониження виконують висотою 2,5...3,5 м від вибою свердловини, а верхня частина зазору заповнюється місцевим ґрунтом. У ґрунтах із коефіцієнтом фільтрації менше 0,5 м/добу обсіпка доводиться до поверхні землі.

Трубопроводи ежекторних установок після монтажу випробовують на тиск води 1 МПа, а легких установок – на тиск 0,1...0,2 МПа. Елементи труб водопідіймальних колон свердловин перевіряють опресовуванням водою під час тиску, що на 50 % перевищує розрахункове значення. Зі свердловин, обладнаних ежекторними водопідійомниками, відкачують воду, яка містить зважені частинки ґрунту і відводять їх у бік, оминаючи циркуляційний бак.

Для визначення готовності змонтованої водознижувальної системи проводять пробне відкачування, у процесі якого визначають ефективність роботи насосів, герметичність з'єднань і відсутність у відкачуваній воді піщаних частинок.

Легкі голкофільтрові установки. Застосування голкофільтрів може виявитися ефективним і для водозниження в слабопроникних ґрунтах, якщо під ними залягає водопроникніший шар. Під час цього голкофільтри заглиблюють у нижній шар, обов'язково їх обсіпаючи (див. рис. 3.4).

Легкі голкофільтрові установки, крім голкофільтрів, включають також водозбірний колектор, який об'єднує їх в одну водознижувальну систему, відцентрові насосні агрегати та відвідний трубопровід. Голкофільтр складається з фільтрової ланки, через яку з ґрунту надходить вода, надфільтрової колони (труби) й наконечника із зубчастою коронкою. До надфільтрової труби діаметром 50 мм і 7...8,5 м завдовжки унизу приєднують фільтрову ланку, а згори – гнучкий рукав. Фільтрова ланка завдовжки 1,25 м складається з двох труб: внутрішньої діаметром 38 мм суцільної та зовнішньої діаметром 50 мм з отворами. Зовнішня труба обгорнута фільтрувальною та захисною сітками та внизу виконана у вигляді наконечника, усередині якого розміщені кільцевий і кульовий клапани.

Занурюють легкі голкофільтри на глибину 7...8 м гідравлічним способом. Під час цього голкофільтр із приєднаним до нього шлангом від насоса піднімають краном у вертикальне положення, після чого вимикають насос. Вода, що подається по внутрішній трубі голкофільтра, відштовхує кульовий клапан (кільцевий клапан при цьому закриває доступ у простір між зовнішньою та внутрішньою трубами) і надходить до наконечника, вийшовши з якого, із великою швидкістю розмиває ґрунт.

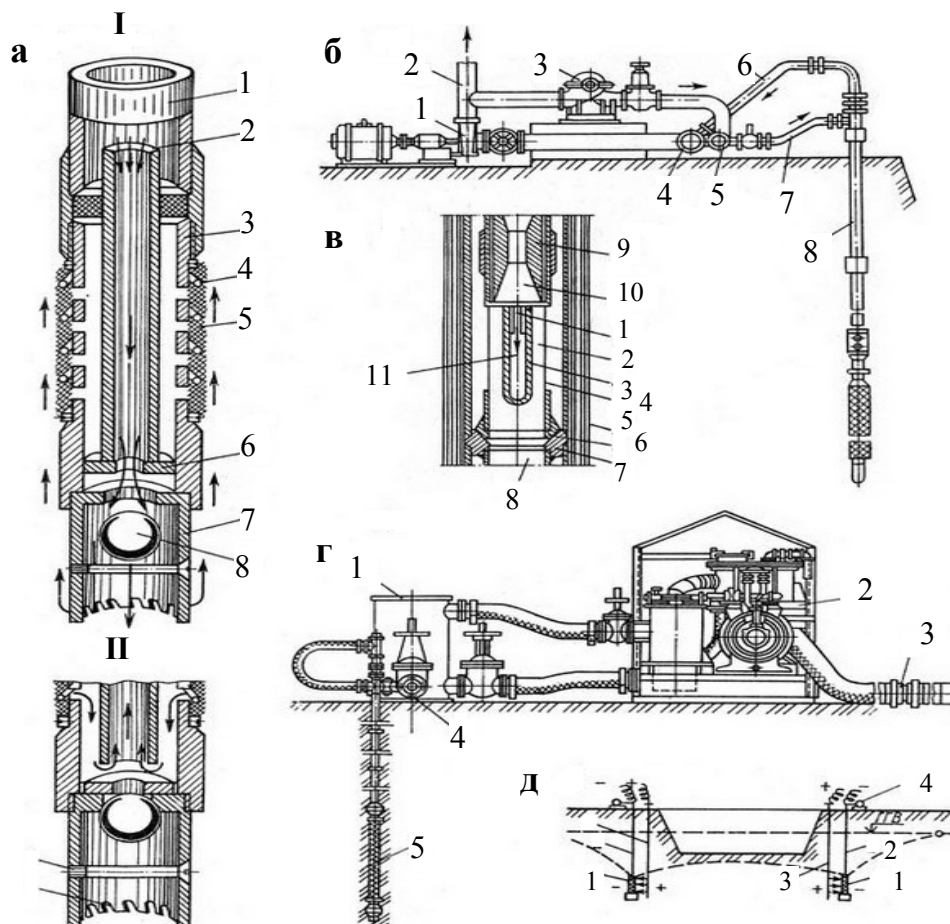


Рисунок 3.4 – Водозниження за допомогою легких та ежекторних голкофільтрів, вакуумних установок та електроосушення: а – пристрій голкофільтра: I→II – положення голкофільтра під час занурення та відкачування води; 1 – надфіiltroва труба; 2 – внутрішня труба; 3 – зовнішня перфорована труба; 4 – дротова обмотка; 5 – сітка; 6 – кільцевий клапан; 7 – наконечник з зубчастою коронкою; 8 – кульовий клапан; 9 – обмежувач; б – ежекторна установка: 1 – низьконапірний насос; 2 – напірний трубопровід; 3 – високонапірний насос; 4 – усмоктувальний колектор; 5 – розподільний трубопровід; 6 – шланг викидний; 7 – шланг з'єднувальний; 8 – ежекторний голкофільтр; в – ежекторна ланка: 1 – насадка ежектора; 2 – порожнина для проходу відкачуваної води; 3 – скоба, приварена до стінок труби; 4 – вікна патрубка; 5 – сітка; 6 – опорне кільце; 7 – сідло; 8 – приймальний патрубок; 9 – дифузор гумовий; 10 – камера зміщення; 11 – вода під тиском; г – установка вакуумного водозниження: 1 – вакуумна камера; 2 – насосна установка; 3 – скидна лінія; 4 – колектор; 5 – голкофільтр; д – схема електроосушення: 1 – голкофільтрові ланки; 2 – надфіiltroва труба (катод); 3 – металеві стрижні (анод); 4 – усмоктувальний колектор

Унаслідок цього утворюється свердловина, в яку опускають голкофільтр. Відстань між голкофільтрами приймають залежно від схеми їх розташування

(кільцевої або лінійної), глибини водозниження, типу насосного агрегату і гідрогеологічних умов; зазвичай ці відстані становлять 0,75; 1,5 м, а іноді і 3 м.

Відкачують воду із системи з легкими голкофільтрами насосним агрегатом, що складається з відцентрового насоса, з'єднаного з вакуум-насосом або вихровим самовсмоктувальним насосом. Під час відкачування води кульовий клапан голкофільтра під дією вакууму піднімається, а кільцевий клапан опускається, відкриваючи шлях ґрунтовій воді, що надходить у внутрішню трубу через отвори зовнішньої труби фільтра.

Легкі голкофільтри занурюють у ґрунт способом гідропідмиву під дією власної ваги за допомогою струменя води тиском 0,3...0,5 МПа, що розмиває ґрунт під наконечником фільтра, або монтують у заздалегідь пробурені свердловини. У глинистих і суглинних ґрунтах допускається попереднє опрацювання стовбура свердловини трубою, забезпеченою наконечником з фрезою.

Ежекторні голкофільтри залежно інженерно-геологічних умов монтують або в заздалегідь пробурених свердловинах або занурюють у ґрунт способом гідропідмиву.

Їх потрібно встановлювати в попередньо пробурені свердловини у разі, якщо:

- у ґрунті міститься значна кількість великоуламкових матеріалів, щільних глин або прошарку скельних ґрунтів;
- роботи з водозниження виконуються в безпосередній близькості від житлових будинків, промислових споруд і підземних комунікацій;
- необхідно влаштувати піщано-гравійну обсіпку навколо голкофільтрів.

Свердловини рекомендується бурити переважно роторним способом зі зворотним промиванням чистою водою або ударно-канатним способом. Для проколу свердловин у зоні неводоносних ґрунтів допускається шнековий спосіб буріння. Перед встановленням ежекторного голкофільтра свердловину необхідно промити до повного освітлення води. Обсіпати голкофільтри потрібно до позначки статичного рівня ґрунтових вод із вилученням обсадних труб. Вище цієї позначки затрубний простір засипають місцевим ґрунтом. Пропускна здатність ежекторних голкофільтрів необхідно перевіряти шляхом наливання в них води, так само як і у випадку з легкими голкофільтрами.

Під час гідравлічного занурення голкофільтрів у ґрунти, що значно поглинають воду (гідропідмив), необхідно додатково подавати до промивного струменя на забій свердловини стиснене повітря. На повітряній лінії потрібно встановити зворотний клапан, що унеможливило потрапляння води в компресор. Засипають гравійний матеріал у затрубний простір під час зменшення витрат робочої рідини.

Під час проходження прошарку глинястих ґрунтів для збільшення діаметра розмиву належить сповільнювати швидкість занурення голкофільтра. У разі припинення виходу пульпи зі свердловини на поверхню і зростання опору гідравлічному зануренню голкофільтра його необхідно витягти, а занурення розпочати знову. Щоб уникнути обвалення стін свердловини і заклинювання голкофільтра ґрунтом, а також для дотримання вертикального

положення занурюються голкофільтри, потрібно періодично піднімати й опускати, не допускаючи при цьому пошкодження сітки фільтрів.

3.2 Забезпечення стійкості стінок виїмок

Стійкість ґрунтової стінки. Під час влаштування виїмок (котлованів, траншей, свердловин) вертикальна ґрунтова стінка земляної споруди внаслідок слабкості структури матеріалу (ґрунту) може обвалюватися під дією власної ваги. Для запобігання цьому явищу стінки укріплюють або влаштовують ґрунтовий укїс під деяким кутом до вертикалі.

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

Для цього можна використати тонкі підпірні стінки (рис. 3.5, а), улаштувати захисні покриття із плит та інших матеріалів (рис. 3.5, б), утримувальні пальові конструкції (рис. 3.5, в), пальові шпонки (рис. 3.5, г), анкерні пристрої (рис. 3.5, д, е), а також поверхневе (рис. 3.5, ж) або глибинне зміцнення (рис. 3.5, з).

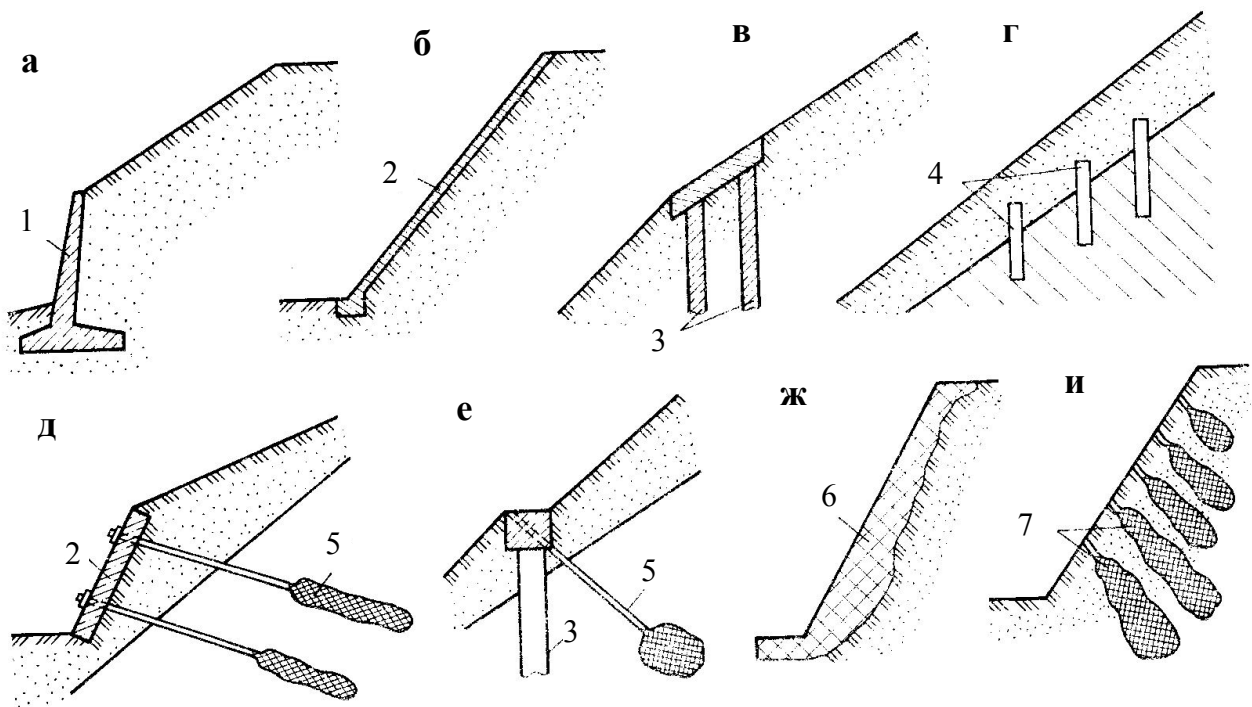


Рисунок 3.5 – Зміцнення укїсів виїмок: а – тонкими підпірними стінками; б – захисними покриттями з плит; в – утримувальними пальовими конструкціями; г – пальовими шпонками; д – анкерними пристроями; е – пале-анкерною конструкцією; ж – поверхневим закріпленням; и – глибинним закріпленням; 1 – підпірна стінка; 2 – плита; 3 – палі; 4 – шпонка; 5 – анкер; 6 – поверхнєве закріплення; 7 – глибинне закріплення

Підкісні кріплення застосовують під час укріплення стін широких котлованів, коли неможливо застосувати інші типи укріплення (див. рис. 3.6. а). 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. Під час підкісного укріплення огорожу виконують у вигляді закидки з дошок завтовшки 50 мм із прозором на ширину дошки, якщо ґрунти зв'язні й маловологі, а глибина котловану до 3 м. Якщо глибина котлованів велика, а також якщо (незалежно від глибини котловану) він розміщується в сипучих ґрунтах і ґрунтах підвищеної вологості, закидку виконують суцільною.

У разі, якщо котловани широкі, а також якщо укріплення перешкоджає виконанню робіт, застосовують анкерні кріплення. Анкерне кріплення складається з тяг, стояків, паль (опор) і закидки (рис. 3.6, б).

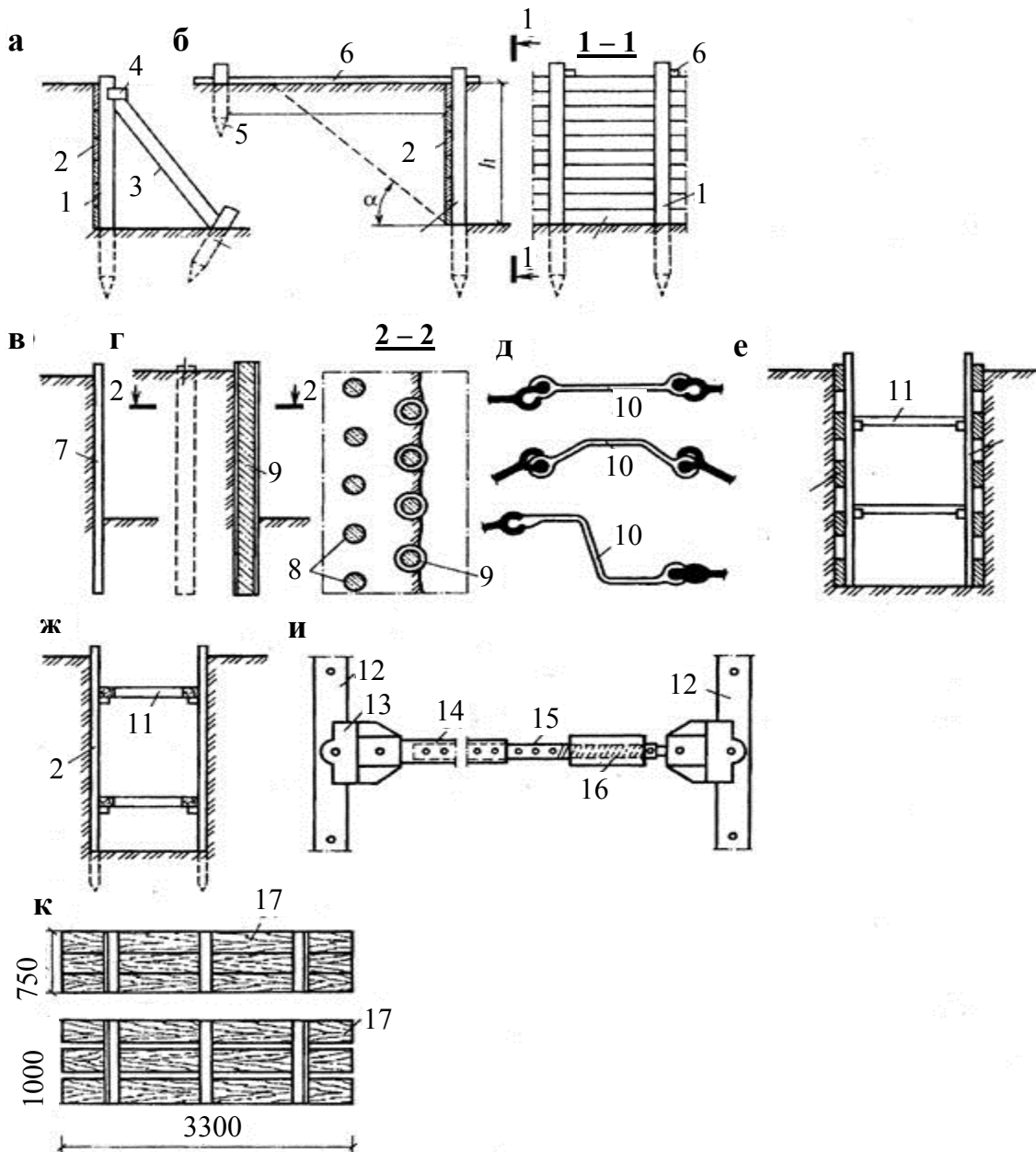


Рисунок 3.6 – Способи укріплення стінок виїмок: а – підкісне; б – анкерне; в – консольне; г – консольне з буронабивних паль; д – типи сталевих шпунтів; е – розпірне з горизонтальними щитами з прозорами; ж – консольно-розпірне; и – інвентарна трубчаста розпирна рама; к – інвентарні щити обгороджень; 1 – стояк; 2 – закидка з дошок; 3 – підкос; 4 – бобишка; 5 – анкер; 6 – відтяжка; 7 – шпунтова стінка; 8 – буронабивні палі; 9 – те саме, в обсадній трубі; 10 – типи шпунта; 11, 13 – розпирки; 12 – стояк розпирної рами; 14, 15 – зовнішня та внутрішня труби; 16 – стяжна муфта; 17 – щити закидки

Щоб анкерні тяги не заважали пересуванню людей, їх розміщують нижче поверхні землі, в траншеї. Тяги виконують із металу або у вигляді дерев'яних схваток. Таке кріплення влаштовують у процесі розроблення ґрунту або після влаштування виїмки залежно від стійкості ґрунту.

Розпірні кріплення застосовують при ширині котловану до 15 м (див. рис. 3.6, е, ж), вони складаються з розпірок, стояків, щитів або шпунтів. Розпірки встановлюють в один або декілька рядів по висоті залежно від глибини виробки. 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.

Застосовують інвентарні розпірні рами з трубчастих стояків і розпірок, оскільки їх легко монтувати й демонтувати, а також вони характеризуються високою оборотністю (див. рис. 3.6, и). Трубчасті стояки по висоті мають отвори для кріплення розпірок. Розпірка телескопічного типу складається із зовнішньої та внутрішньої труб, поворотної муфти й опорних частин. Залежно від ширини траншеї відстань між стояками встановлюють, висуваючи внутрішню трубу із зовнішньої та фіксуючи її болтом, що вставляється в отвори труби. Щити до стінок виїмки притискають, повертаючи муфту з гвинтовою нарізкою.

Для широких і глибоких котлованів використовують кріплення з телескопічними розпірками. Стояки у вигляді металевих паль із двотаврових балок № 40...60 забивають уздовж бровок проекрованої виїмки з кроком 0,5...1,5 м і більше, заглиблюючи їх нижче підшви проектованого фундаменту або підземної споруди на 3...5 м.

У процесі розроблення ґрунту стіни виїмки закріплюють дерев'яною закидкою завтовшки 50...70 мм. Закидка заводиться за полиці паль і розклинюється ґрунтом. Якщо глибина виїмок понад 3...4 м, палі розкріплюють повздовжнім поясом із прокатних профілів на відстані не менше ніж 0,5 м від верху виїмки. Через 4...6 м уздовж осі виїмки встановлюють поперечні розпірки, заглиблюючи їх у повздовжні пояси. Для передавання навантаження від паль на розпірки між кожною палею та балками обв'язки встановлюють сталеві клини. Якщо глибина виїмки понад 10 м, виникає значний тиск ґрунту, тому потрібно влаштовувати розпірки в 2...3 яруси по висоті.

Розпірки-розстріли виконують із труб діаметром 300...400 мм або з прокатних профілів – швелерів чи куточків, з'єднаних накладками за допомогою зварювання, а також зі сталевих труб діаметром 300...400 мм. Розстріли виконують телескопічними та після розсування розкріплюють сталевими клинами або гідравлічними домкратами. У деяких випадках консольно-розпірне кріплення застосовують у поєднанні з ґрунтовими анкерами. Поперечне укріплення котлованів розпірками-розстрілами має достатню жорстокість і є багаторазовим. Якщо ширина котлованів понад 15 м,

розпирки-розстріли стають громіздкими та важкими. У такому разі виникає необхідність улаштування додаткових діагональних зв'язків.

Укріплювати котлованів можна й монолітними залізобетонними стінами або стінами, зведеними способом «посічених паль».

Для влаштування кріплень стінок виїмок можна використати метод торкретування. Ця технологія передбачає застосування набризку бетонної суміші під високим тиском за допомогою цемент-гармати або бетон-шприц-машини. Частинки бетонної суміші під час нанесення першого шару потрапляють у ґрунт, а під час нанесення наступних шарів – у затужавілий бетон попереднього шару. Під час влаштування глибоких котлованів для підвищення несучої здатності по ґрунту або між шарами бетону укладають арматурну сітку. Загальна товщина торкретбетону має становити 70...80 мм.

Консольні кріплення влаштовують для забезпечення вільного простору всередині виїмки в умовах обмеженого простору. Консольні кріплення становлять собою стінку (див. рис. 3.6, в) 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 з двох рядів буронабивних паль (див. рис. 3.6, г).



Рисунок 3.7 – Шпунтово-розпірне обгородження котловану

В окремих випадках (поблизу будівель і споруд, при слабких водонасичених ґрунтах, при великій (понад 5,0 м) глибині котловану) ґрунтові стінки

укріплюють до розроблення ґрунту. У цьому разі використовуються шпунтові обгородження (стінка) або стінки з замороженого ґрунту (кріогенний 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, от же, після занурення пластин утворюється щільний і стійкий «паркан» за формою майбутнього котловану (див. рис. 3.7). Усередині обгородження виконують виїмку ґрунту до проектної позначки та зводять підземні частину будівлі або споруди до нульової позначки будівлі. Після цього занурений шпунт витягують спеціальним механізмом – «палевисмикувачем».

3.3 Штучне закріплення ґрунтів

3.3.1 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 м³/год (рис. 3.8).



Рисунок 3.8 – Штучне заморожування ґрунтів

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 заморожувальні колонки діаметром 114 мм і живильні трубки діаметром 25...37 мм, по яких циркулює охолоджений до 253...248 К розсіл – розчин хлористого кальцію (CaCl_2). Іноді у вигляді холодоносія використовують розчин хлористого натрію, вуглекислоту, фреон-30. Вода в 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. При цьому 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 ($300...1\ 200\ \text{кг/м}^3$ 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 проектного 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, регулювальний вентиль, насосне обладнання, система трубопроводів і пускорегулювальна апаратура.

3.3.2 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.

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/см³.

Цементно-глинясті розчини не розшаровуються, водостійкі, не розмиваються водою в період тверднення (рис. 3.9). Міцність тампонажного розчину досягає 1,5...3 МПа.

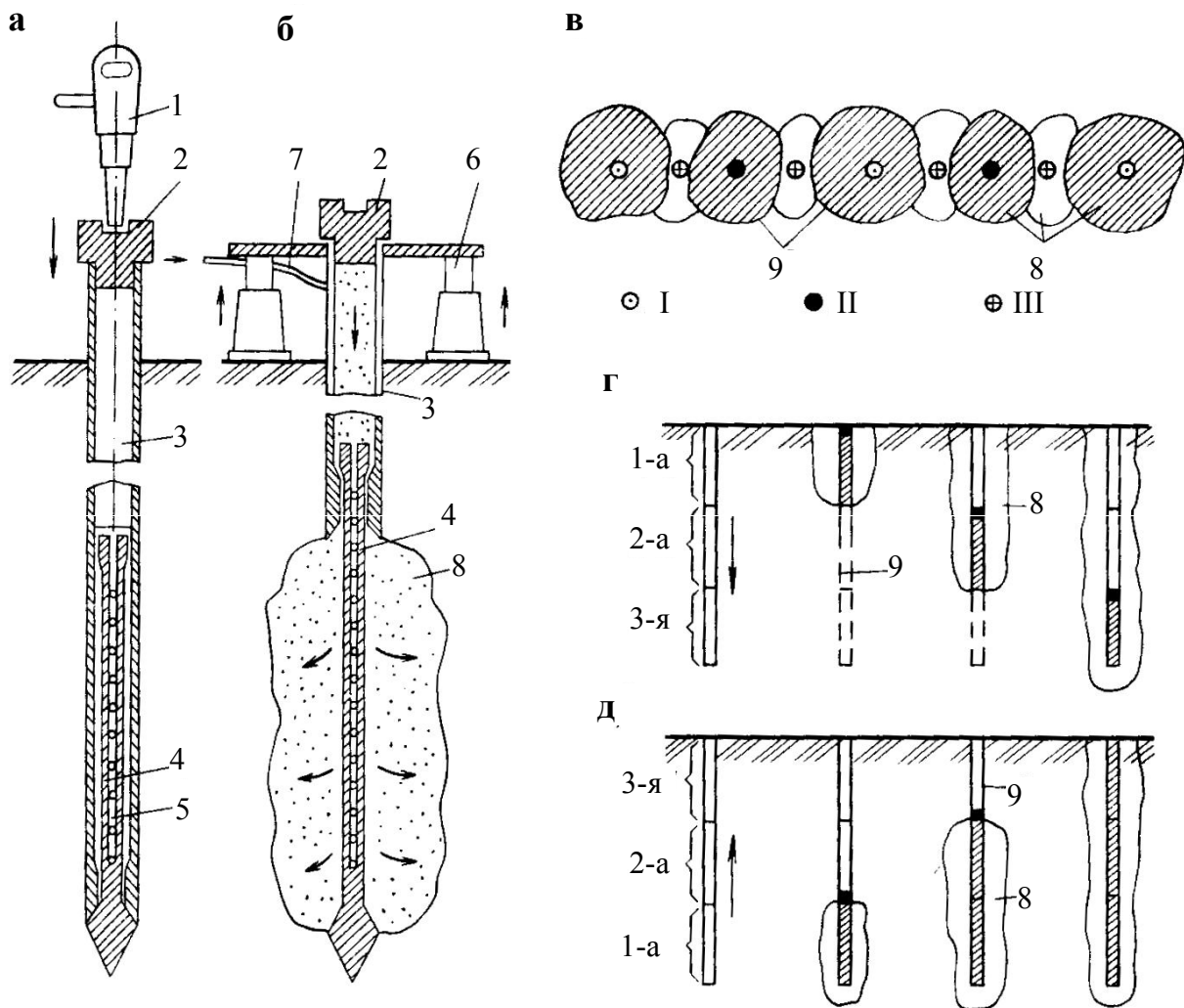


Рисунок 3.9 – Цементация основ: а – занурення ін'єктора; б – нагнітання розчину; в – послідовність нагнітання розчину під час влаштування протифільтраційної завіси; г – схема цементації низхідними зонами; д – схема цементації висхідними зонами; 1 – відбійний молоток; 2 – оголовок; 3 – труба-подовжувач; 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-а, 2-а і 3-а – 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 $1,2 \dots 1,3 \text{ г/см}^3$, 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 ($K_{\phi} = 50 \dots 500 \text{ м/добу}$).

Бітумізація. Для закріплення тріщинуватих скельних і напівскельних порід застосовують спосіб гарячої бітумізації (рис. 3.10).

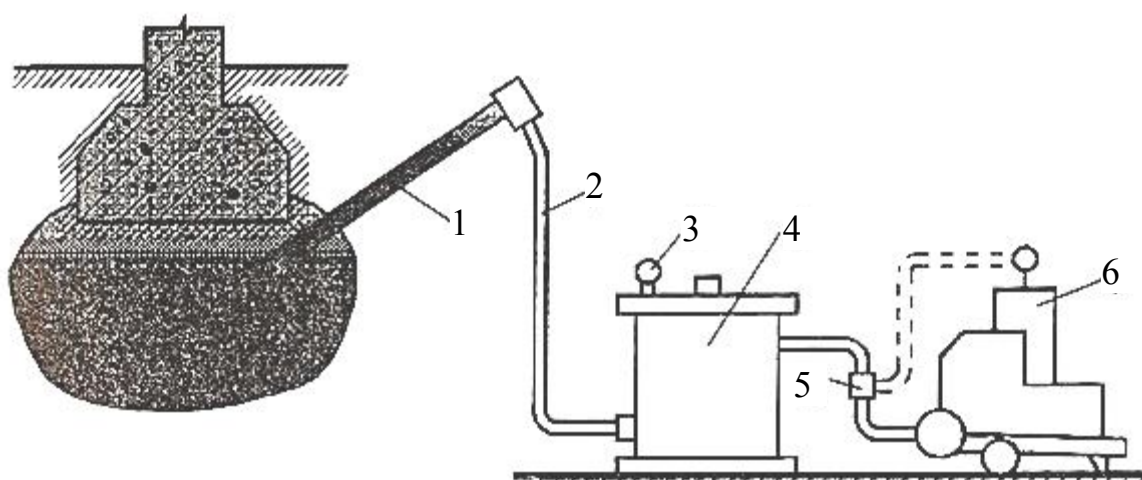


Рисунок 3.10 – Схема закріплення ґрунтів методом смолизації та бітумізації: 1 – ін'єктор; 2 – робочий шланг; 3 – манометр; 4 – робочий бачок; 5 – пробковий кран; 6 – компресор або балон зі стисненим повітрям

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 $0,75 \dots 1,5 \text{ м}$. 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 їх діаметр у $25 \dots 35$ 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 теж

водонепроникний. Відомо декілька способів силікатизації: однорозчинна, газова, електросилікатизація.

Силікатизація базується на введенні в 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.

Особливе місце серед рецептур займає силікатнокремнійфтористоводнева. Компонентами закріплювального розчину є силікат натрію та кремнієфтористоводнева кислота підвищеної концентрації (відповідно 1,1 і 1,3 г/см³). Цей спосіб надає ґрунту міцності 2,0...4,0 МПа і може бути застосований для закріплення дрібних пісків з метою збільшення їхньої несучої здатності й водонепроникності (рис. 3.11). Цей спосіб економічний і ефективний.

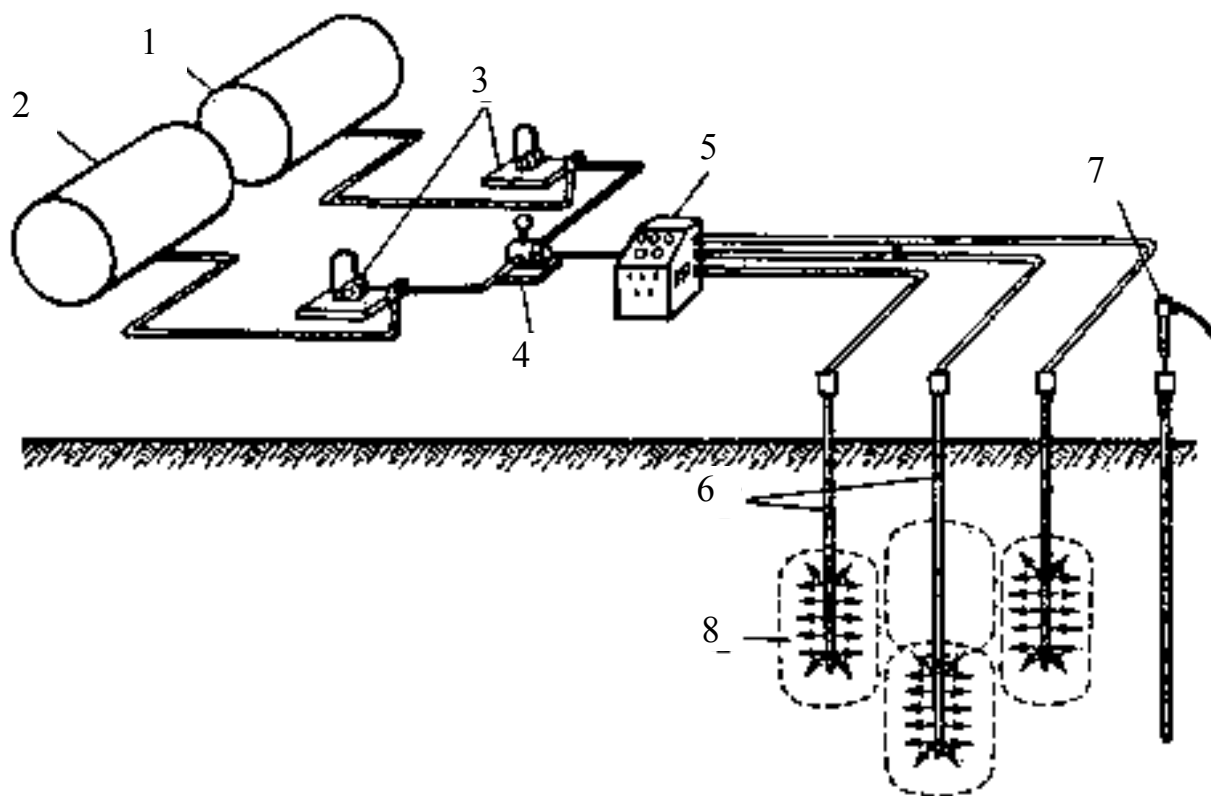


Рисунок 3.11 – Схема установки для силікатизації ґрунтів: 1 – цистерна з закріплювачем; 2 – цистерна з кислотою; 3 – насос; 4 – змішувач; 5 – пульт управління з апаратурою; 6 – ін'єктор; 7 – відбійний молоток для занурення ін'єктора в ґрунт; 8 – контур закріплення

Для закріплення лесоподібних ґрунтів і ліквідації просадкових явищ у ґрунті застосовують спосіб силікатизації. У лесоподібний ґрунт уводиться

розчин силікату натрію із щільністю $1,05...1,17 \text{ г/см}^3$ та без затверджувача, оскільки сам ґрунт є активним середовищем.

Унаслідок взаємодії силікату натрію з поглинальним комплексом ґрунту в порах ґрунту утворюється нерозчинна тверда фаза гідроксиду кальцію й адсорбований на ньому гель кремнієкислоти SiO_2 , що надає ґрунту водонепроникності й міцності до $0,6...2,0 \text{ МПа}$.

Газова силікатизація базується на застосуванні як затверджувача силікату натрію вуглекислого газу 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 + CO_2 ; за другим способом – CO_2 + ґрунт + розчин силікату натрію + CO_2 . Останній варіант оптимальніший, оскільки забезпечує більшу міцність (до $2,0 \text{ МПа}$) 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 $0,1...0,2 \text{ м/добу}$.

Електросилікатизація призначена для закріплення перезволожених дрібнозернистих пісків і супісків із коефіцієнтом фільтрації менше ніж $0,2 \text{ м/добу}$.

Вона базується на поєднанні двох методів впливу на ґрунт – силікатизації та електричного оброблення (рис 3.12).

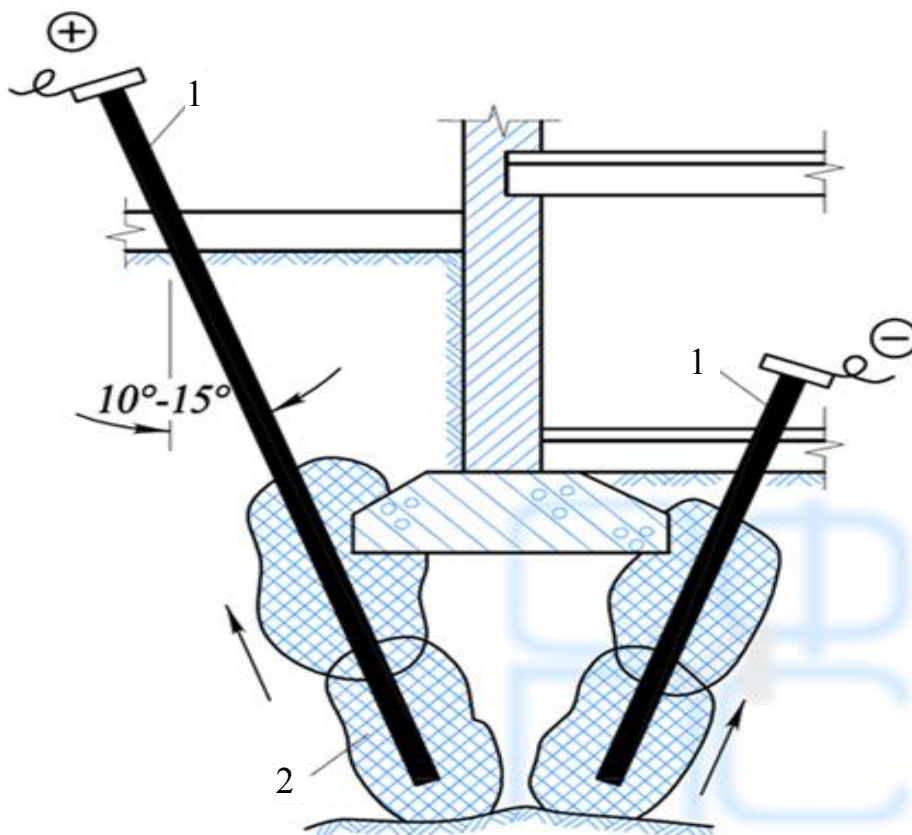


Рисунок 3.12 – Закріплення ґрунтів в основі фундаментів електрохімічним способом
1 – ін'єктори; 2 – закріплений ґрунт

Полягає спосіб у нагнітанні в 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 і утворення гелю кремніє-кислоти, що призводить до збільшення водостійкості й міцності ґрунту ($R_{ст} = 0,5 \dots 0,8$ 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 ($K_{ф} = 80 \dots 500$ м/добу) розроблено рецептуру цементно-глинястих розчинів. Ці розчини порівняно легко перекачуються насосами, не розшаровуються та забезпечують стовідсоткову водонепроникність. Для піщаних ґрунтів виготовляють глинясто-силікатні розчини, тобто розчини високодисперсних глин із незначною добавкою 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, досить різноманітні. Смоли, які можуть бути використані для закріплення ґрунтів, повинні мати незначну в'язкість і полімеризуватися в порах ґрунту при температурі $4 \dots 10$ °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 $4 \dots 5$ МПа і водонепроникності.

Спосіб смолизації використовується для закріплення дрібних пісків із $K_{ф} = 0,5 \dots 2,5$ м/добу. У ґрунт під тиском вводять розчин смоли (карбамідної, фенолформальдегідної), а потім затверджувач (кислоту, кислі солі тощо). Через певний час унаслідок взаємодії смоли з 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 з 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 % -ної концентрації.

Отже у наш час перевага надається хімічному закріпленню ґрунтів із використанням силікату натрію та синтетичних смол із такими затверджувачами, як хлористий кальцій, сірчаноокислий алюмінат, хлористе залізо, хлористий амоніт, алюмінат 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. 3.13).

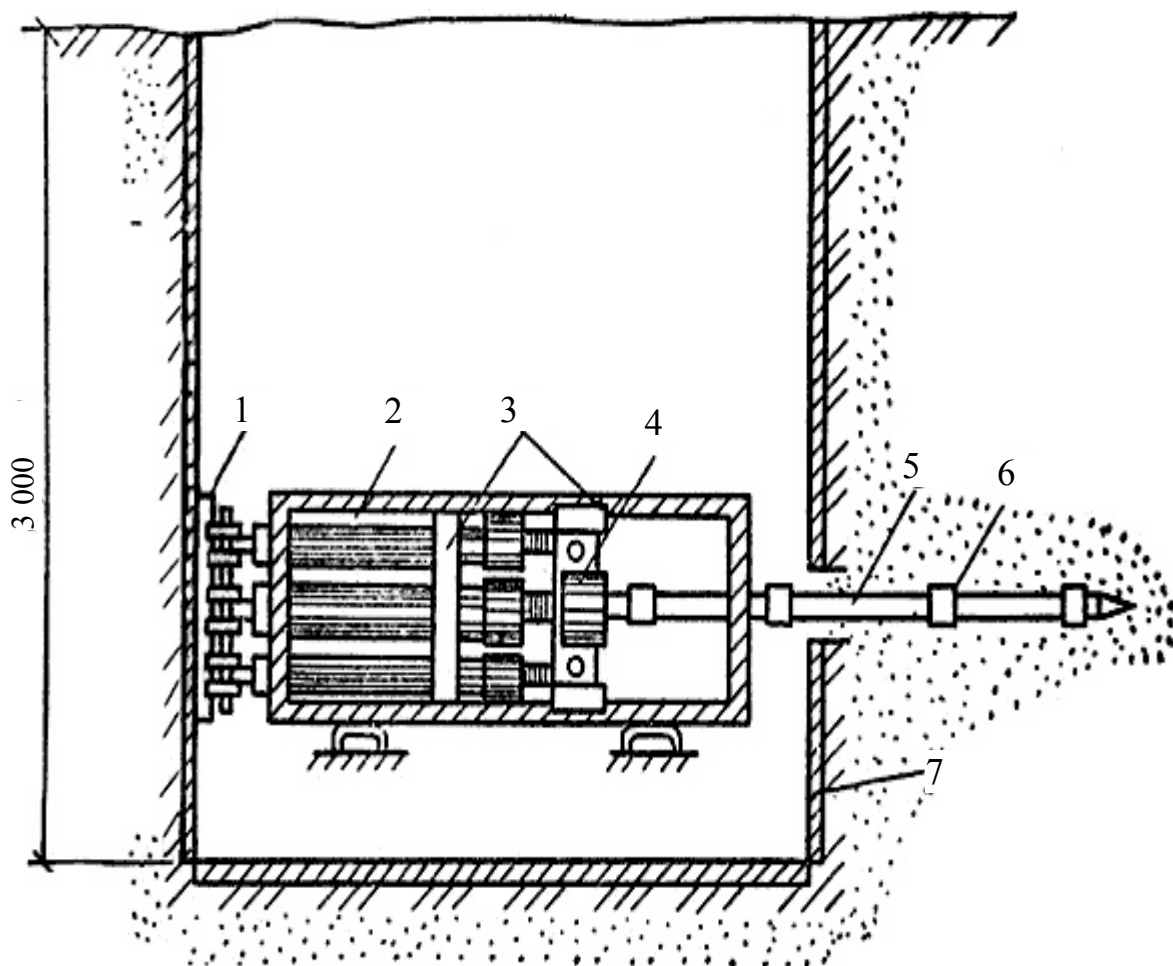


Рисунок 3.13 – Схема гідралічного задавлювання манжетно-тампонних ін'єкторів із технологічних вироблень під час силікатизації та смолизації ґрунтів за горизонтальною технологією (вигляд збоку): 1 – упорна плита; 2 – гідралічні циліндри; 3 – сталева рама; 4 – рухома каретка; 5 – ін'єкторні перфоровані 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 (кремнієгеля). 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 по заходках при температурі ґрунту в зоні закріплення не нижче +1 °С та нагріваючи їх до 60 °С.

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. Так, на глибині 12 м воно може становити 0,06...0,6 МПа, а у верхніх зонах – 0,04...0,05 МПа.

Довжина заходки під час закріплення основи під фундаментами будівель не повинна перевищувати п'яти радіусів. Розчин у цьому разі необхідно нагнітати зверху вниз. Під час закріплення ґрунту на глибину до 20 м застосовують ін'єктор, що складається з наголовника, колон глухих ланок труб, перфорованої ланки, наконечника та з'єднувальних частин. Для зменшення ущільнення ґрунту перфорована ланка повинна мати менший діаметр, ніж глухі ланки ін'єктора. Ін'єктори забивають на глибину до 20 м за допомогою відбійних молотків. Діаметр труб – 58...82 мм. Перфорована частина ін'єктора має бути завдовжки 1,5...2,0 м. 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.

3.4 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.

ґрунти становлять трифазну систему, що складається з мінеральних часток, води та повітря. Мінерали й агрегати в ґрунтах розділені водними плівками. Навантаження на ґрунт призводить до взаємного зсуву частинок ґрунту. Цей зсув відбувається за плівками води: що товщі плівки води, то менша їхня міцність і більша деформованість. Отже, зі збільшенням вологості ґрунту зменшується його опір щодо зрушення та модуль пружності.

У тонких плівках вода перебуває під впливом міжмолекулярних сил взаємодії з боку мінеральних часток. Вода в тонких плівках набуває властивості пружнопластичних тіл і є носієм міцності. Такі плівки характеризуються значним опором до зрушення. Під час ущільнення відбувається взаємне зміщення й зближення мінеральних часток і агрегатів, а також вичавлювання плівок зв'язаної води із зон контактів.

Товщина плівок зменшується, а отже, зростає їхня міцність. Крім того, збільшується кількість контактних точок між мінеральними частинками, унаслідок чого зменшується навантаження, яке припадає на кожен контакт. Отже, зі збільшенням щільності зростає опір ґрунту до зрушення й модуль пружності.

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 ґрунту необхідно ущільнювати при оптимальній вологості.

Процес ущільнення трифазних ґрунтів становить собою збільшення щільності ґрунту внаслідок вичавлювання повітря. До того ж збільшується вміст мінеральних часток і агрегатів ґрунту в одиниці об'єму, між ними формуються нові зв'язки й змінюється орієнтація часток. Це супроводжується збільшенням щільності ґрунту та зменшенням деформованості.

У зв'язувальних ґрунтах частки й агрегати ґрунту розділені плівками води. Після досягнення певного ступеня ущільнення, коли кількість повітря, що залишилося в ґрунті, невелика, можливість зрушення частинок і агрегатів обмежена, тому процес ущільнення відбувається здебільшого внаслідок вичавлювання водних плівок із зон контактів. Кількість контактів при цьому

збільшується незначно, але внаслідок зменшення товщини плівок сили тертя та зчеплення в контактах швидко зростають. Водні плівки мають в'язкі властивості, тому вичавлювання їх із зон контактів потребує певного часу. Час впливу на ґрунт котків, ударних і трамбувальних машин невелика і не перевищує 0,05...0,07 с на один вплив. Процес ущільнення й вичавлювання плівок зв'язаної води протягом цього періоду не встигає закінчитися, тому навантаження на ґрунт потрібно повторити.

Ущільнювальний тиск повинен перевищувати опір ґрунту щодо ущільнення. Цей опір можна розділити на три складники.

Перший складник обумовлюється силами тертя та зчеплення в зонах контакту між частинками й агрегатами.

Другий складник залежить від швидкості деформування ґрунту під час ущільнення й збільшується зі зростанням швидкості деформування. Це в'язкий опір, який виникає внаслідок опору вичавлювання плівок води із зон контактів між частинками, а також динаміки ущільнення.

Третій складник опору ґрунту щодо ущільнення визначається силами інерції та дорівнює добутку маси ґрунту на прискорення.

Головними складниками опору ґрунту щодо ущільнення є два перші. Величина інерційного опору порівняно з ними невелика. Ущільнювальний тиск повинен трохи перевищувати або бути близьким до межі міцності ґрунту.

Під час ущільнення ґрунту котками на пневматичних шинах межа міцності ґрунту становить:

- незв'язні й малозв'язні (піщані, супіщані) – 0,3...0,4 МПа;
- середньої зв'язності (суглинні) – 0,4...0,6 МПа;
- підвищеної зв'язності (глинясті) – 0,8...1,0 МПа.

Якщо ущільнювальний тиск буде набагато перевищувати зазначені величини, відбудеться вичавлювання ґрунту з-під ущільнювача.

У будівництві застосовують такі методи ущільнення ґрунтів:

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

Останній метод, як найбільш ефективний і економічний, знаходить більшого застосування.

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

Найрозповсюдженішими є котки на пневматичних шинах. 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 покривки. Визначальним є тиск стисненого повітря.

У процесі навантаження шина деформується. Площа відбитка пневматичного колеса значно більша за площу відбитка жорсткобарабанних котків, тому вплив на ґрунт пневматичних шин має тривати довше, ніж гладковальцьових, а

питомий тиск по сліду котка – менше. Розподіл напружень у ґрунті від котків на пневматичних шинах і від гладковальцьових істотно різниться.

У гладковальцьових котків напруга на поверхні шару, що ущільнюється, більша, ніж у ковзанок на пневматичних шинах, але вони швидко зменшуються (загасають) з глибиною.

У ковзанок на пневматичних шинах напруга по сліду відбитка менша, проте вони зменшуються зі збільшенням глибини шару не так інтенсивно й унаслідок більшої площі навантаження, тому котки на пневматичних шинах ущільнюють шар на більшу глибину порівняно з гладковальцьовими. Їх використовують для укочування товстих шарів із різко вираженими в'язкими властивостями (зв'язкових ґрунтів), для яких час впливу котка відіграє значну роль.

Зі збільшенням кількості проходів котка на пневматичних шинах збільшується щільність ґрунту та його модуль пружності, унаслідок чого зменшується площа відбитка колеса. У разі, якщо навантаження на колесо постійне, це призводить до зростання середніх тисків по площі відбитка колеса.

Зі зменшенням площі контакту колеса з шаром ґрунту і зменшенням його деформації потужність на перекочування колеса зменшується (рис. 3.14).



Рисунок 3.14 – 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 ґрунту шляхом його розпушування, перевалювання грейдерами, введення цементу, гіпсу, вапна, золи, піщаних ґрунтів та інших добавок.

Котки на пневматичних шинах можуть ущільнювати як зв'язні, так і незв'язні ґрунти. У процесі ущільнення тиск на ґрунт наближається до величини 0,4...0,8 МПа (унаслідок зменшення площі контакту).

У сучасних котках на пневматичних шинах тиск у шинах можна регулювати. Це дає змогу розпочинати укочування при порівняно пухких ґрунтах, дотримуючись поступового підвищення питомого тиску.

Кулачкові котки призначені переважно для ущільнення зв'язних і малозв'язних ґрунтів (рис. 3.15). У разі однакової маси з гладковальцьовими котками вони забезпечують удвічі більшу глибину ущільнення, однак дещо розпушують верх шару, не придатні для роботи з перезволоженими ґрунтами. Ефект роботи кулачкових котків збільшується в разі одночасного застосування з котками на пневматичних шинах.



Рисунок 3.15 – 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 контро-

лювати 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. 3.16). 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 3.16 – Вібраційні машини

Процедура встановлення значення коефіцієнта ущільнення ґрунту, за допомогою якого контролюється якість робіт, продовжується до двох діб, а результати є точковими. Отже, в реальній ситуації, за умов дефіциту часу роботи щодо ущільнення виконуються з одночасним застосуванням іншого методу – проб і помилок. Машиністи котків покладаються на свій досвід і суб'єктивні відчуття, щоб зрозуміти, чи достатньо ущільнено ґрунт. Критерій відсутності сліду й хвилі перед вальцем під час контрольного проходу котка також не завжди створює об'єктивну картину. Крім того, зв'язок між модулями пружності матеріалів шарів під час проектування й значеннями коефіцієнтів ущільнення під час будівництва відсутня. У наслідок цього замовник не має можливості проконтролювати дотримання передбачених вимог, а під час роботи на кам'яному відсіпанні взагалі не може визначити ступінь його ущільнення.

Встановлені на сучасні котки електронні системи вимірювання докорінно змінюють цю ситуацію. У реальному часі вони забезпечують для операторів дані про ступінь ущільнення. Така система може попередити про наявність під землею прихованих об'єктів, здатних вплинути на якість ущільнення. За наявності на ковшанці системи глобальної навігації (ГЛОНАСС, GPS) можна також отримати карту розподілу щільності по всій ділянці, що дає змогу здійснити не точковий, а загальний контроль якості ущільнення кожного шару.

Віброплити використовують для ущільнення незв'язних і малозв'язних ґрунтів (рис. 3.17). За конструкцією вони складаються з ущільнювальної плити з віброзбуджувачем і підмоторної рами з двигуном, на якій закріплено держак управління або кранову підвіску.



Рисунок 3.17 – Використання віброплити для ущільнення ґрунту

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. 3.18).



Рисунок 3.18 – Використання підвісної (до крана) віброплити для ущільнення ґрунту

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 400×400...600×800 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 800×800 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, утворених 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 органу (рис. 3.19).



Рисунок 3.19 – 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 органу 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. 3.20). Електро-трамбівки масою 18...180 кг ущільнюють незв'язні ґрунти з товщиною шару 0,15...0,5 м, масою 80...180 кг – зв'язні ґрунти з товщиною шару 0,3...0,4 м.



Рисунок 3.20 – Використання трамбівок із ручним керуванням

У разі застосування комбінованого методу ущільнення ґрунту використовують різні засоби ущільнення в залежності 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 короточасних 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 в шинах;

– для отримання необхідної щільності ґрунту статичний тиск віброударних машин має становити 300...400 кгс/м² для перезвожених пісків і 600...1000 кгс/м² для пісків з оптимальною вологістю; 1 500...2 000 кгс/м² для супіщаних ґрунтів при оптимальній вологості; 2 500...3 000 кгс/м² для важких супісків при оптимальній вологості;

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

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

– під час виконання земляних робіт із використанням автотранспорту кількість проходок котка може бути зменшена в 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 укуси, 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.

Контрольні питання

1. У чому полягає спосіб штучного водозниження рівня ґрунтових вод за допомогою голкофільтрових установок?
2. За допомогою чого укріплюють стінки траншей і котлованів?
3. Які способи застосовують для штучного заморожування ґрунтів?
4. У чому полягає спосіб цементації ґрунтів?
5. У яких породах використовують спосіб гарячої бітумізації?
6. Для чого призначена електросилікатизація ґрунтів?
7. Наведіть класифікацію котків для укочування ґрунтів.
8. Як ущільнюється ґрунт під час роботи віброкотка?
9. Для ущільнення яких ґрунтів використовують віброплити?

4 ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ ПЕРЕРОБЛЕННЯ ҐРУНТІВ

Високої ефективності виконання земляних робіт можна досягти тільки у разі їхньої повної комплексної механізації (рис. 4.1), що передбачає здійснення головних і допоміжних процесів за допомогою раціональних ланок машин, з'єднаних за технологічним призначенням і за рівнем продуктивності.



Рисунок 4.1 – Комплексна механізація виконання земляних робіт

Обрані ланки й окремі машини комплексу землерийно-транспортних або землерийних машин повинні працювати як єдиний механізм, послідовно й безперервно виконуючи окремі процеси. Досягти цього можна, усебічно врахувавши конструктивно-технологічні можливості пропонованих засобів механізації.

Під час вертикального планування будівельного майданчика (після завершення робіт підготовчого періоду) послідовно або вибірково можна реалізувати такі різновиди будівельних процесів:

- відведення вод поверхневого стоку за територію будівельного об'єкта шляхом влаштування нагірної канами та (або) обвалування дамби;
- розроблення родючого шару ґрунту й переміщення його у відвал із метою подальшого використання під час рекультивації території;
- розроблення ґрунту в призмах виїмки на будівельному майданчику, а за необхідності і його попереднє розпушування, з переміщенням в призми насипу;
- розрівнювання, дозволення, пошарове ущільнення ґрунту в насипу;
- розроблення ґрунту в котловані (траншеї);
- переміщення ґрунту, розробленого в котловані, в призми насипу;
- доопрацювання ґрунту в котловані;
- остаточне планування будівельного майданчика.

З огляду на велике різноманіття реальних ситуацій кількість і різновиди будівельних процесів на будівельних майданчиках під час реалізації вертикального планування можуть змінюватися, доповнюватися та уточнюватися.

4.1 Обґрунтування й вибір способу виконання земляних робіт

Спосіб комплексно-механізованого виконання земляних робіт обирають на підставі порівняння техніко-економічних варіантів виконання робіт різними комплектами машин. Комплект підбирають за продуктивністю провідних машин. Провідними є машини, які здійснюють найбільш трудомісткі та тривалі різновиди робіт, наприклад розроблення ґрунту під час планування майданчика, влаштування земляної споруди тощо.

Під час планувальних робіт головним процесом є розроблення й переміщення ґрунту з виїмки в насип. Залежно від середньої відстані переміщення ґрунту та його властивостей, рельєфу місцевості, глибини розроблення й інших чинників як провідну машину зазвичай використовують скрепер або бульдозер, а як комплектувальні – розпушувачі (змінне робоче обладнання на тому самому або класом вище бульдозері), котки, трактори-штовхачі та інші машини. Комплекти прийнято називати за типом провідних машин: скреперний, бульдозерний або змішаний.

Щодо зазначених вище будівельних процесів під час вертикального планування будівельного майданчика, то, наприклад, влаштування нагірної канави та дамби обвалування можна виконати бульдозером із поворотним відвалом або спеціальним канавокопачем.

Розроблення родючого шару ґрунту й переміщення його у відвал із метою подальшого використання під час рекультивації території також може виконуватися бульдозером або будь-яким іншим різновидом землерійно-транспортних машин. До того ж залежно від розмірів будівельного майданчика робота може виконуватися шляхом реалізації різних технологічних схем, аналогічних до технологічних схем під час різання чагарників кушорізами.

Після завершення розроблення рослинного шару ґрунту й переміщення його у відвал приступають до виконання найбільш трудомісткої роботи – головного будівельного процесу, а саме: розроблення ґрунту в призмах виїмки. За необхідності перед розробленням попередньо розпушують ґрунт. Застосування під час використання землерійно-транспортних будівельних машин певних технологій уможливорює суміщення таких виробничих процесів, як розроблення та переміщення ґрунту в призми насипу на будівельному майданчику.

Розглянемо деякі з можливих варіантів виконання цих робіт різними машинами відповідно до реалізовуваних технологій.

4.2 Виконання земляних робіт за допомогою бульдозерів

4.2.1 Призначення й класифікація бульдозерів

Бульдозери є землерійно-транспортними машинами з відвальним робочим органом. Їхнє головне призначення – пошарове розроблення ґрунту з подальшим його переміщенням по поверхні землі на невеликі відстані – до 150 м і до 300 м за сприятливих умов (попутних ухилах шляхів переміщення, легких ґрунтах, відсутності значних втрат ґрунту на боки).

Здебільшого відвал розміщують попереду криволінійної відвальної

поверхні, убік від базової машини, габарит якої по ширині він повністю перекриває. Навісне бульдозерне обладнання складається з відвалу з ножами; штовхальної рами з підкосами, до яких кріпиться відвал; приводу, що забезпечує піднімання та опускання відвалу під час роботи, а в окремих моделях бульдозерів – також і зміни розміщення відвалу в плані (рис. 4.1).



Рисунок 4.1 – Бульдозер із поворотним відвалом

Бульдозери застосовують для зняття родючого поверхневого шару ґрунту під час підготування будівельних майданчиків; переміщення ґрунту в зону дії однокішшового екскаватора під час завантаження його в транспортний засіб або відвал; розроблення неглибоких каналів із транспортуванням ґрунту у відвали; зачищення пологих схилів; під час спорудження насипів із резервів; на планувальних роботах під час зачищення основ під фундаменти будівель і споруд та плануванні площ і трас; влаштування й утримання в належному стані під'їзних доріг, влаштування в'їздів на насипу й виїздів із виїмок; для розроблення ґрунту на косогорах; під час зворотного засипання траншей і пазух фундаментів; розрівнювання ґрунту у відвалах; штабелювання та переміщення сипких матеріалів; підготовчих роботах для звалювання окремих дерев, зрізання чагарнику, викорчовування пеньків, видалення каменів, розчищення поверхонь від сміття, снігу; на розкривних роботах, а також як штовхачі скреперів. Ефективність роботи бульдозера значною мірою залежить від

прохідності базового трактора та його тягово-зчіплювальних властивостей.

Залежно від потужності й конструкції бульдозери можуть працювати на різних ґрунтах: від болотяних і піщаних до розбірних, висаджених або розпушених порід і руд. Економічно вигідна дальність переміщення ґрунту бульдозером залежить від класу базового трактора, різновиду й міцності ґрунту та експлуатаційних умов. Зазвичай вона не перевищує 60 метрів.

У разі можливого перекошування відвалу й достатнього тягового зусилля бульдозерами з неповоротним відвалом можна розробляти до 70 % усіх різновидів ґрунтів, зокрема мерзлі й гірські породи, які зазвичай потрібно попередньо розпушувати. Бульдозери з поворотним відвалом застосовують обмежено. Їх використовують переважно для нарізання терас на косогорах, засипання траншей поперечними ходами і прокладання піонерних доріг. До того ж повернений у плані відвал має певні переваги. Розміщення центру тиску базових тракторів не дає змоги використовувати відвал, повернений у плані на кут менше ніж 60° від повздовжньої осі. Через це не забезпечується безперервне сходження ґрунту вбік, а отже застосувати безперервні повздовжні проходи неефективно. До 90...95 % часу такі бульдозери працюють із прямим установленням відвалу.

Бульдозери класифікують за призначенням, номінальним тяговим зусиллям і конструктивними ознаками.

За призначенням розрізняють бульдозери загального призначення і спеціальні.

Бульдозери загального призначення виконують копання й розроблення ґрунтів, порід і матеріалів у середніх ґрунтових (супіщані, суглинні та глинясті ґрунти, тріщинуваті сланці, легкі вапняки, мергелі) і помірних кліматичних умовах із температурою навколишнього середовища від -40 до $+40$ °С. Зазвичай їх обладнують неповоротним у горизонтальній площині відвалом. Поворотним відвалом обладнують найчастіше легкі і малогабаритні трактори.

Спеціальні бульдозери призначені для виконання таких робіт, як прокладання шляхів і піонерних доріг, згрібання торфу, вирівнювання кавальєрів, підземне або підводне розроблення ґрунтів, розроблення легких матеріалів типу вугілля тощо, а також для роботи в особливих кліматичних і експлуатаційних умовах (при низьких негативних температурах до -60 °С, тропічній вологості й температурі до $+60$ °С, у сухому й жаркому кліматі пустель, в небезпечних і загазованих місцях, на ґрунтах зі зниженою несучою здатністю). На спеціальних бульдозерах використовують відвали різних типів, що відповідають їхньому призначенню. Деякі відвали дають змогу економічно вигідно працювати при дальності переміщення (понад 100 метрів).

За номінальною тяговою силою та потужністю двигунів розрізняють бульдозери малогабаритні з силою тяги до 25 кН і потужністю до 45 кВт, легкі – 25...135 кН і 45...120 кВт, середні – 135...200 кН і 120...150 кВт, важкі – 200...300 кН і 150...225 кВт і надважкі – понад 300 кН і 225 кВт. За конструктивними ознаками бульдозери класифікують за типом ходової частини, робочих органів, рам і управління. За ходовою частиною розрізняють буль-

дозери гусеничні та колісні, за типом рами – з охоплювальною та внутрішньою рамою. Внутрішню раму використовують для бульдозерів-штовхачів, жорсткість яких повинна бути підвищеною.

За типом механізму керування розрізняють бульдозери з гідравлічним і канатно-блоковим управлінням (рис. 4.2). Останній тип керування в наш час майже не використовують.

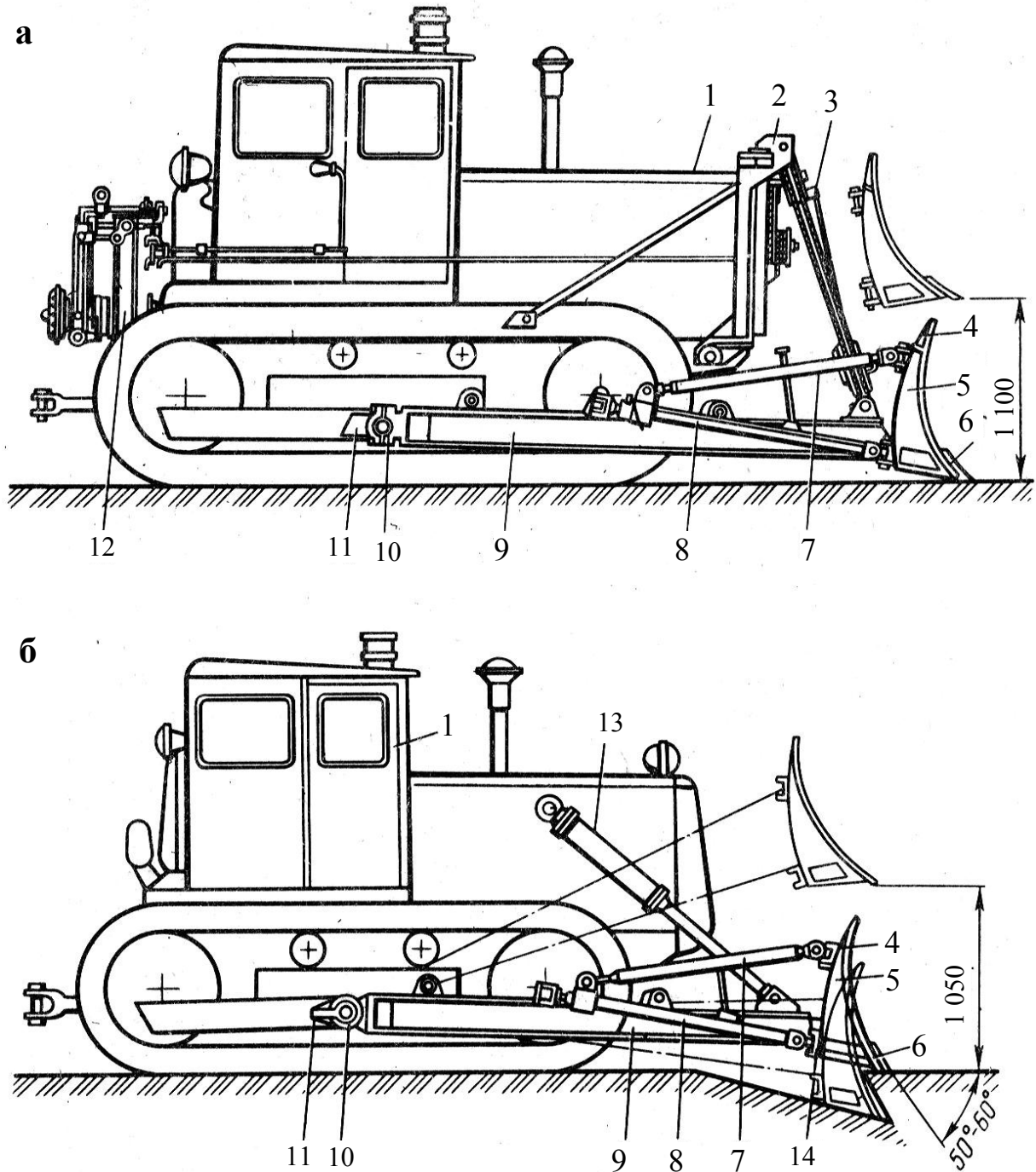


Рисунок 4.2 – Керування бульдозерним обладнанням: а – з механічним приводом; б – з гідравлічним приводом; 1 – базовий трактор; 2 – передня стійка; 3 – поліспасти канатно-блокової системи; 4 – козирок відвала; 5 – відвал; 6 – ножі; 7 – підкоси; 8 – штовхачі; 9 – універсальна штовхальна рама; 10 – опорні шарніри кріплення штовхальної рами до рами трактора; 11 – опори; 12 – приводна однобарабанна лебідка; 13 – гідроциліндри управління відвалом; 14 – кульове з’єднання відвала з універсальною штовхальною рамою

Автоматизоване управління бульдозерами застосовують здебільшого під час планувальних робіт. Для розширення сфери застосування бульдозери обладнують додатковими швидкоздіяними пристроями: розпушувальними зубами, укісниками, відкрилками, розширювачами, подовжувачами, канавними наставками, лижами, вилами тощо.

У певних умовах найефективнішими є відкрилки, подовжувачі, розширювачі. Сфера застосування бульдозерів може визначатися відношенням тягового зусилля до довжини різального окрайка та можливого (за перекиданням) вертикального зусилля до опорного майданчика ножів. Використання гідравлічно керованого з кабіни механізму перекоосу забезпечує підвищення цих показників.

Особливістю бульдозерів є незмінюване або змінюване розташування їхніх робочих органів. Відвал бульдозера, як робочий орган, може бути повернений у плані (вправо або вліво) на кут до 25° у кожен бік.

4.2.2 Виконання робіт бульдозерним комплектом машин

Якщо будівельний майданчик має геометричні розміри, співмірні з технологічними можливостями бульдозера, то раціональніше обрати саме цю універсальну будівельну машину. До того ж потрібно пам'ятати, що максимальне плече ходу бульдозера не повинне перевищувати 60 м, хоча, використовуючи схеми починаючи з середини, можна збільшити робоче плече майже до 120 м. Бульдозером, у межах його технологічних можливостей, можна виконати такі різновиди робіт: розроблення ґрунту в призмах виїмки; попереднє розпушування ґрунту; переміщення ґрунту в призми насипу на відстань, що не перевищує 60 м по будівельному майданчику. Такі умови на будівельному майданчику спостерігаються навколо лінії «нульових робіт», де в призмах виїмки бульдозер пошарово може зрізати ґрунт і переміщувати його в призми насипу на відстань до 60 м.

Однак під час вибору бульдозера як головної будівельної машини для цих різновидів робіт необхідно пам'ятати про ще одне істотне обмеження – неефективно розробляти бульдозером укоси висота яких перевищує один метр. Якщо на будівельному майданчику (на схемі плану квадратів сітки) навколо лінії «нульових робіт» спостерігається перевищення понад одного метра, то необхідно обмежити роботу бульдозера тільки як машини, яка виконує прокладення «піонерної» проходки, забезпечивши подальше ефективне застосування землерийної техніки (екскаваторів) різного виду.

У подібній ситуації, одночасно з розглянутою технологією виконання робіт щодо планування будівельного майданчика, що передбачає прокладення «піонерної» проходки навколо лінії «нульових робіт» і подальше розроблення ґрунту на будівельному майданчику за допомогою екскаваторів для переміщення ґрунту в призми насипу самоскидами, постає питання про можливість застосування іншої технології. Ця технологія передбачає використання таких землерийно-транспортних машин, як скрепер. Однак у цьому разі необхідно пам'ятати, що той самий скрепер має власну, досить

обмежену сферу застосування. Так, причіпні скрепери, що агрегуються з тракторами на гусеничному ході, ефективні для використання тільки на відстані до 500 м максимально. За необхідності забезпечити транспортування ґрунту на великі відстані (до 5 км) необхідно застосовувати самохідні скрепери. Зі свого боку, самохідні скрепери можна ефективно використовувати тільки в разі попереднього облаштування для них ґрунтових доріг, що значно здорожчує й збільшує терміни будівництва.

Розглянемо докладніше конструктивно-технологічні можливості та схеми роботи бульдозера під час проведення земляних робіт. На рисунку 4.3 подано загальний вигляд бульдозера з розпушувачем.

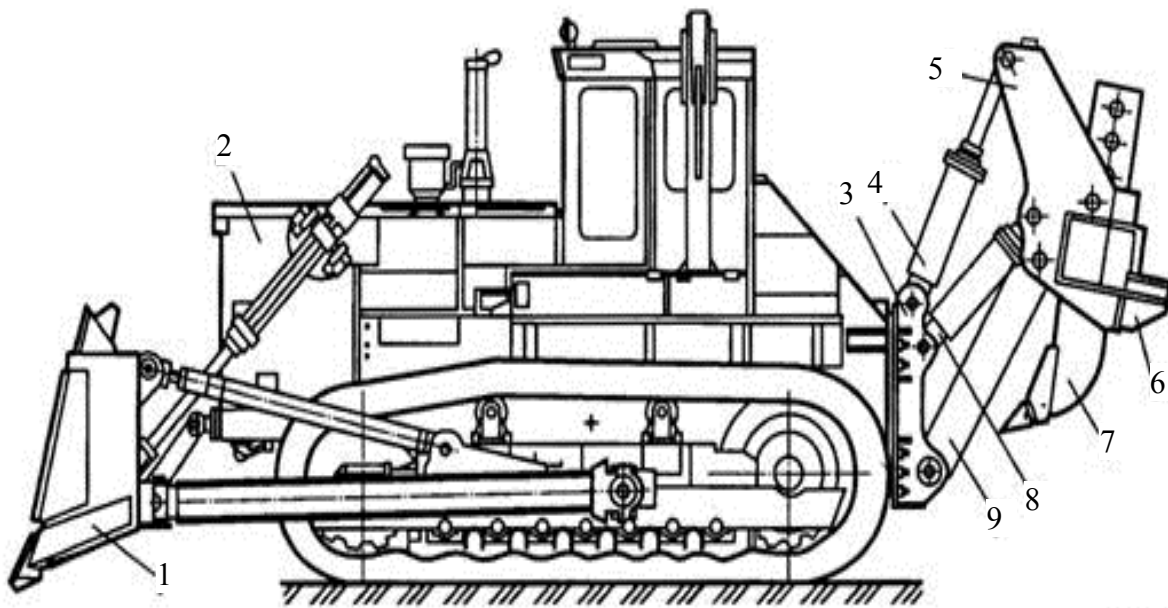


Рисунок 4.3 – Бульдозер-розпушувач: 1 – бульдозерне обладнання (півсферичний відвал); 2 – трактор; 3 – опорний кронштейн; 4 – гідроциліндр регулювання кута розпушування; 5 – робоча балка; 6 – буферний пристрій; 7 – зуб; 8 – гідроциліндр підймання-опускання розпушувача; 9 – нижня тяга

Нині промисловість серійно випускає тільки навісні розпушувачі з гідравлічною системою управління. Широкого розповсюдження набули бульдозерно-розпушувальні агрегати, які складаються з базової машини, бульдозерного обладнання, встановленого спереду, і розпушувального обладнання, розміщеного позаду. Таке компонування дає змогу розподілити вагу агрегата на опорну поверхню рівномірніше, що покращує його тягові характеристики й стійкість. Одночасно на одній ділянці можна поєднувати бульдозерні й розпушувальні роботи.

Бульдозери-розпушувачі застосовують для попереднього пошарового розпушування та переміщення щільних кам'януватих, мерзлих і скельних ґрунтів під час влаштування будівельних майданчиків, риття котлованів і широких траншей, а також для зламування дорожніх покриттів.

Руйнування ґрунтів та порід відбувається під час поступального руху машини й одночасного примусового заглиблення зубів робочого органу до заданої позначки. У процесі розпушування масив ґрунту розділяється на

шматки (брили) таких розмірів, які зручні для їхнього подальшого ефективного розроблення, навантаження й транспортування іншими машинами.

Розпушування проводять паралельними різаними за двома технологічними схемами: без розворотів біля краю майданчика з поверненням машини в початкове положення із застосуванням заднього ходу (човникова схема) та з поворотом розпушувача в кінці кожного проходу (повздовжньо-поворотна схема). Човникова схема раціональніша у разі невеликих обсягів робіт в умовах обмеженого простору, повздовжньо-поворотна – на великих ділянках (рис. 4.4).



Рисунок 4.4 – Руйнування ґрунтів бульдозером-розпушувачем

Максимальні величини глибини та ширини захоплення розпушування, робочих швидкостей руху і кількість зубів розпушувача визначаються тяговим класом базової машини.

Найменша глибина розпушування за один прохід повинна на 20...30 % перевищувати товщину стружки ґрунту, що розробляється землерійно-транспортними машинами, в комплексі з якими працює розпушувач. Розпушування високоміцних ґрунтів зазвичай здійснюється одним зубом.

Робочий орган розпушувача складається з несучої рами, зубів, підвіски та гідроциліндрів управління. Зуби мають змінні наконечники, чолова поверхня яких захищена зносостійкими пластинами для захисту від абразивного зношування. Для інтенсифікації процесу розпушування на зуби розпушувачів встановлюють розширювачі, які дають змогу за один прохід руйнувати великі обсяги матеріалу і виштовхувати кам'яні брили на поверхню. Розширювачі

забезпечують стійкіший рух базового трактора й роботу розпушувача, майже суцільне руйнування матеріалу між сусідніми борознами, зниження загальної кількості проходів.

Зуби встановлюють неповоротними, жорстко закріпленими в кишенях рами та поворотними в плані (на кут $10...15^\circ$ в обидва боки) розташовуючи їх спеціальних кронштейнах – флюгерах, що прикріплюються до рами шарнірно. Поворотні зуби здатні обходити перешкоди, що зустрічаються в ґрунті. Підвіска розпушувача до базової машини – чотириланкова (паралелограмна) з можливістю регулювання кута розпушування. Така конструкція розпушувального обладнання забезпечує отримання оптимальних параметрів розпушування як під час заглиблення, так і під час постійного розпушування (рис. 4.5).

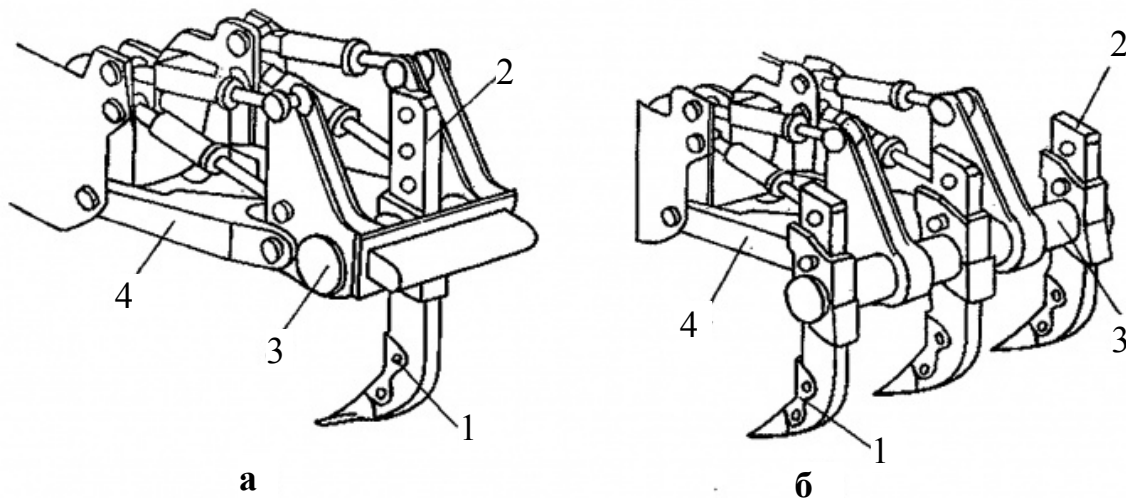


Рисунок 4.5 – Рами кріплення стійок розпушувача: а – внутрішня; б – охоплювальна; 1 – зуб; 2 – стояк; 3 – черевик; 4 – рама

Бульдозери-розпушувачі мають максимальну ширину захвату (із трьома зубами) $1\ 780...2\ 140$ мм. Продуктивність навісних розпушувачів на ґрунтах IV, V категорій – $60...150$ м³/год, середня робоча швидкість руху – $2,5...5$ км/год.

Головні робочі параметри й продуктивність бульдозера визначаються потужністю базового тягача, до якого вони підвішені. Як і всі землерийно-транспортні машини бульдозер є циклічною машиною, у зв'язку з чим забезпечується послідовний (за циклами) розгляд його роботи під час розроблення ґрунту.

Під час реалізації технологічного циклу неробочого ходу бульдозера здійснюється також його зупинка, опускання відвалу й перемикання редуктора на хід вперед.

У всіх випадках потрібно намагатися різати ґрунт на горизонтальних ділянках або спусках, оскільки під час руху на підйом значна частина сили тяги витрачається на пересування самого бульдозера. У зв'язку з цим найраціональнішою видається технологічна схема, наведена на рисунку 4.6. Кут падіння за рельєфом місцевості, що розробляється, не повинен перевищувати 20° , а висота насипу може бути до $4...5$ м.

Зведення насипів бульдозером може здійснюватися двома способами:

- поперечними проходками, із вилученням ґрунту з резерву;
- повздовжніми однобічними проходками бульдозера.

Повздовжній спосіб, особливо двобічне розроблення ґрунту, забезпечує більшу продуктивність бульдозера. Його застосовують у разі невеликої протяжності виїмок й у випадках, коли ґрунт, вийнятий із виїмки, повністю укладають у прилеглий насип.

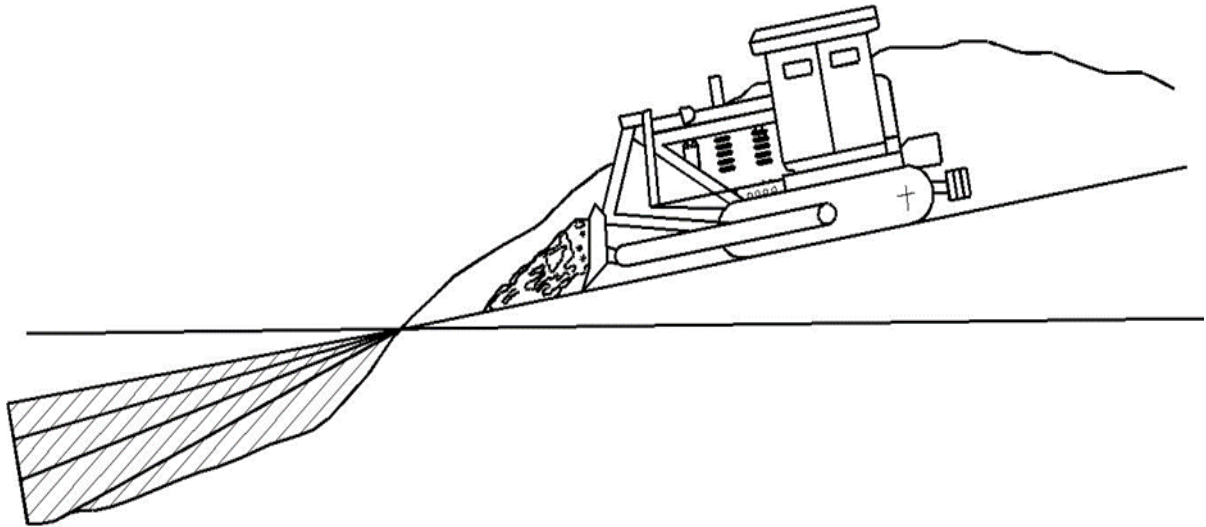


Рисунок 4.6 – Раціональна схема розроблення ґрунту бульдозером

Поперечний спосіб виїмки застосовують, коли надлишки ґрунту укладають у кавальєри уздовж майбутнього полотна дороги.

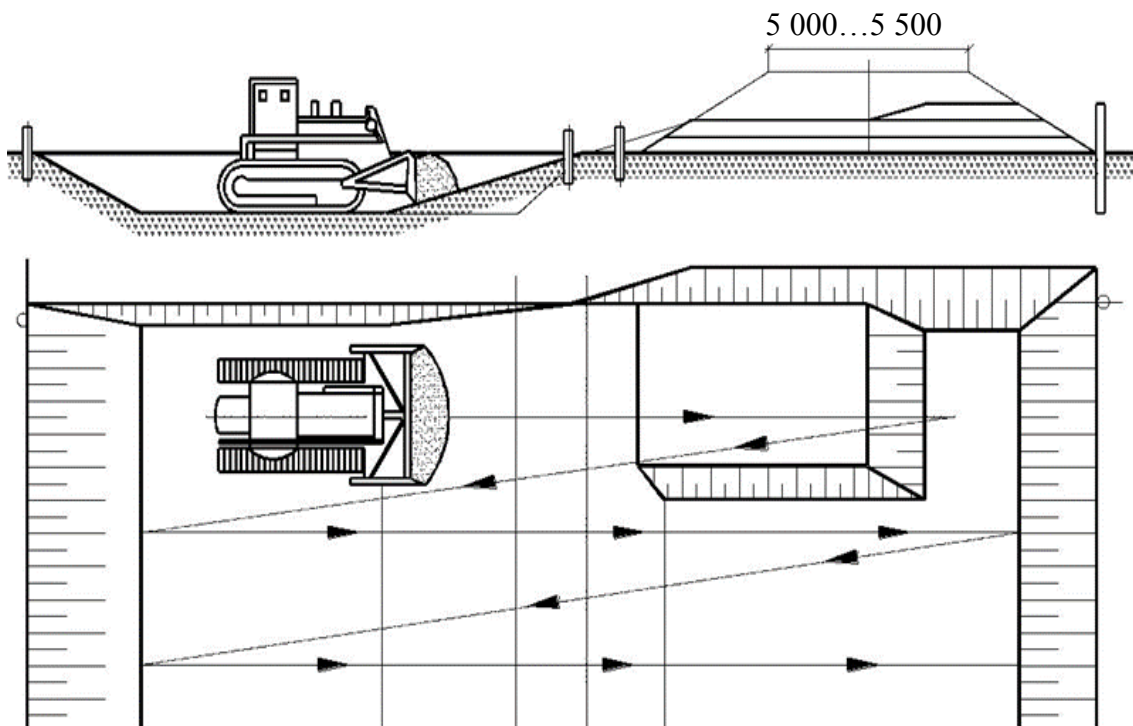


Рисунок 4.7 – Схема зведення насипу бульдозерами із застосуванням поперечних проходок з однобічного резерву

Здебільшого бульдозери використовують для поперечного розроблення. Під час поперечного переміщення ґрунту на невеликі відстані в один бік від розроблюваної смуги бульдозер після чергового робочого ходу повертається для набирання ґрунту, застосовуючи задній хід. Якщо дальність переміщення ґрунту значна, то для скорочення тривалості неробочого пробігу бульдозер розгортається на 180° і повертається до місця набору ґрунту із застосуванням переднього ходу. Під час поперечного переміщення ґрунту з резервів доцільно використовувати траншейний спосіб розроблення матеріалів і суміщення роботи декількох машин. Перші призми необхідно подавати в центр насипу, а наступні – ближче до її країв. Схему зведення насипу бульдозерами поперечними проходками з однібічного резерву подано на рисунку 4.7, а з двобічного резерву – на рисунку 4.8.

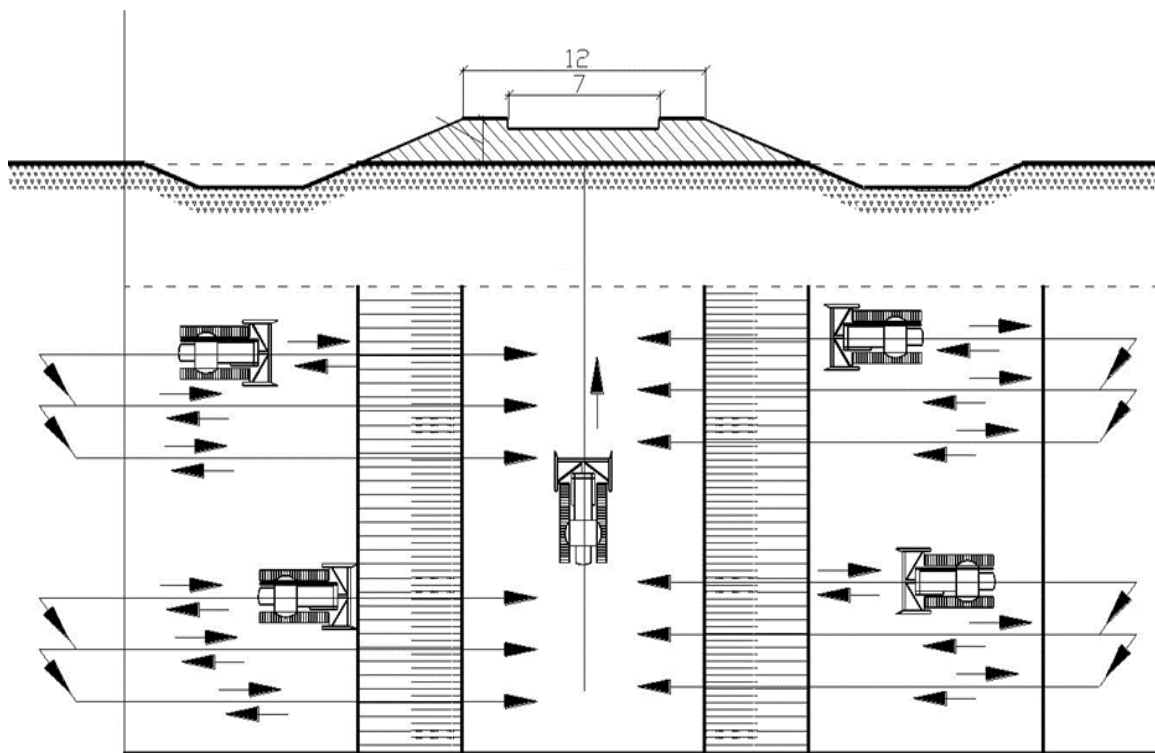


Рисунок 4.8 – Схема зведення насипу бульдозерами поперечними проходками з двобічного резерву

У разі відсіпання ґрунту на два боки від розроблюваної смуги, при її значній ширині, вигідніше проводити розроблення в процесі робочих рухів бульдозера в обох напрямках (човникова схема), тобто із розворотом на 180° . Вибір тієї чи іншої схеми визначається умовами найменших витрат часу на неробочі пробіги, із урахуванням витрат часу на перемикання швидкостей і на повороти.

Наявність у тракторів високих швидкостей заднього ходу, близьких за своїми значеннями до швидкостей переднього ходу, дає змогу проводити розроблення із повертанням заднім ходом при великих довжинах неробочого ходу.

Технологія зведення насипу бульдозером передбачає укладання призм волочіння тільки впритиск.

Нахил укосів насипу, по яких подається ґрунт, не повинен перевищувати 30 %. У разі великого нахилу насипу вся робота стає неефективною.

Далі пропоновано технологічну схему переміщення бульдозером ґрунту, розробленого одноківшевим екскаватором (рис. 4.9). Такий різновид роботи особливо ефективний коли одноківшевий екскаватор робить виїмку, а бульдозер відсуває цей ґрунт на відстань 100 м, утворюючи технологічний простір.

Котловани виривають бульдозером, застосовуючи поперечні проходки й поступово зміщуючи машину вздовж споруди.

Ґрунт укладають у кавальєри по всій довжині котловану. Розробляють ґрунт у паралельних траншеях, глибина яких не більша за габаритну висоту машини, до того ж відстань між траншеями повинна бути до 0,4...0,6 м. Після вириття котловану руйнують міжтраншейні перегородки. У цьому разі ефективною є групова робота машин із одночасними паралельними проходками.

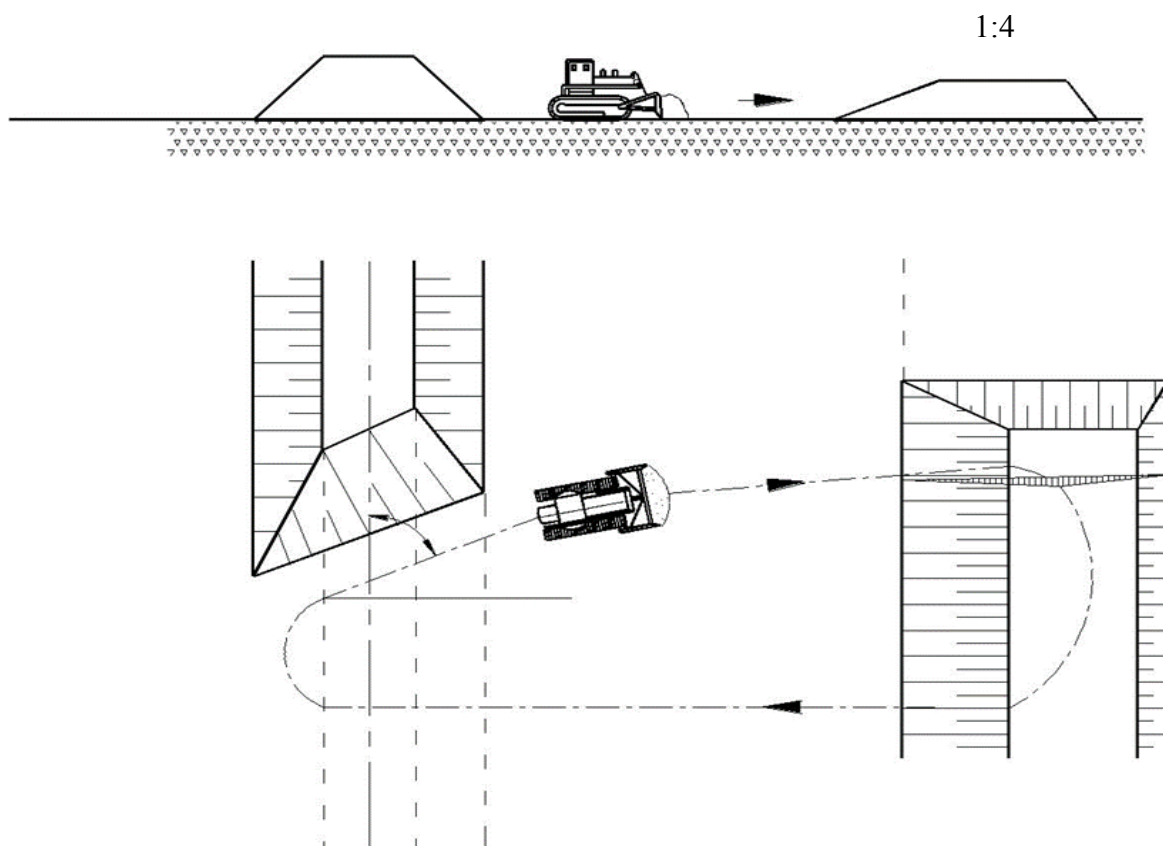


Рисунок 4.9 – Схема переміщення бульдозером ґрунту розробленого, одноківшевим екскаватором

Планувальні роботи здебільшого виконують на порівняно рівній поверхні, зрізуючи невеликі горби, засипаючи западини, ями та яри. Великі западини засипають із сусідніх косогорів повздовжніми проходками. Проходи, зі свого боку, зміщують на 3/4 ширини відвалу, щоб унеможливити появу бічних валиків.

Після попереднього планування доцільно обробити поверхні, застосовуючи задній хід бульдозера із «плаваючим» розташуванням відвалу. Для більшої точності виконання робіт раціональніше застосувати взаємно перпендикулярні проходки машин.

Технологічно ефективною є робота з планування основи котловану бульдозером (рис. 4.10).

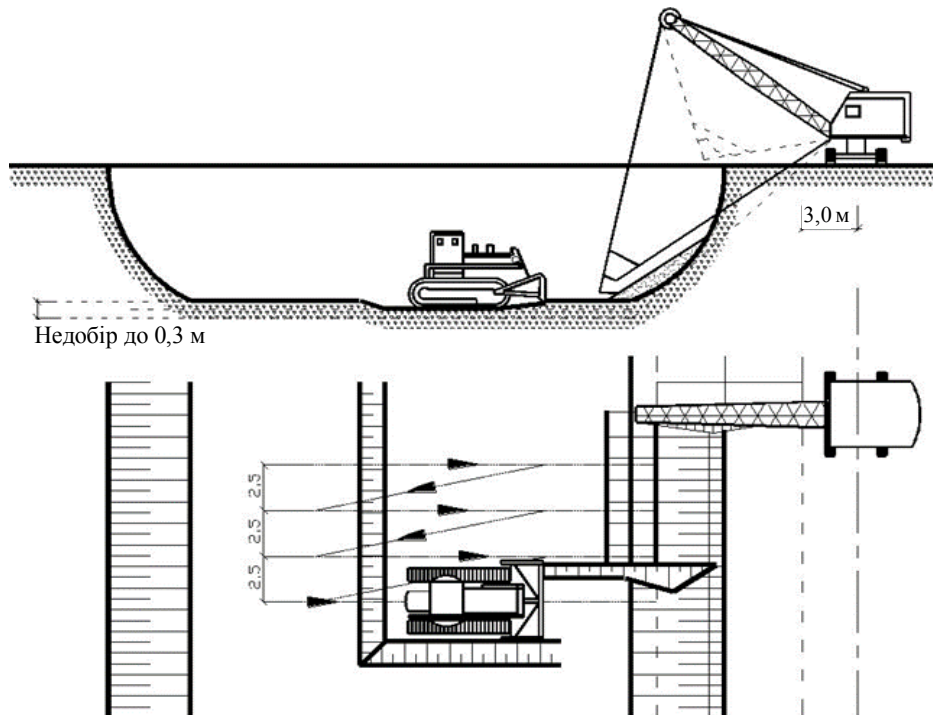


Рисунок 4.10 – Технологічна схема планування основи котлованів бульдозером із одночасною роботою екскаватора

Окремо розглядається технологічна схема планування основи котлованів бульдозером у разі розроблення котловану прямою лопатою (рис. 4.11).

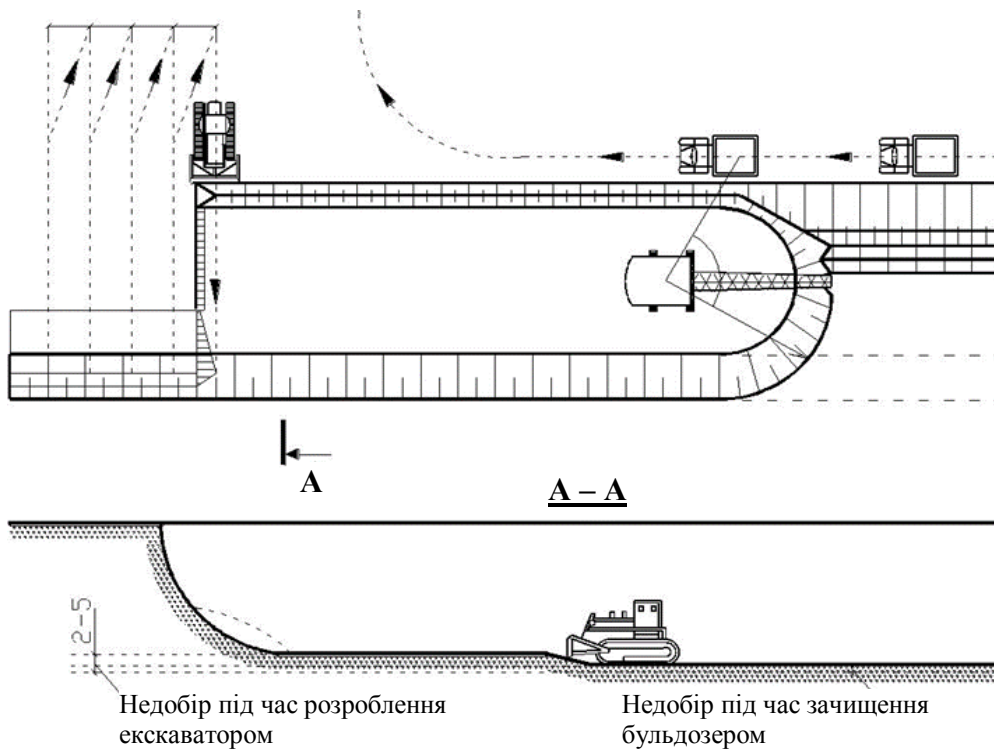


Рисунок 4.11 – Технологічна схема планування основи котлованів бульдозером із розробленням прямою лопатою

4.2.3 Продуктивність бульдозерів

Залежно від різновиду виконуваних робіт (розроблення ґрунту або планування поверхні) продуктивність бульдозерів виражається в одиницях об'єму або одиницях площі за одиницю часу.

До факторів, що найістотніше впливають на продуктивність бульдозерів, належать такі: фізичні властивості (механічний склад, щільність, вологість) ґрунту, дальність його переміщення, ухили місцевості, а також геометричні розміри та форма відвалів (рис. 4.12).

Зі збільшенням дальності переміщення ґрунту, що розробляється, продуктивність бульдозерів різко знижується внаслідок збільшення тривалості циклу, а також втрат ґрунту в бічні валики.



Рисунок 4.12 – Переміщення ґрунту бульдозером

Застосування бульдозерів під час переміщення ґрунту понад 50 м є малоефективним унаслідок великих втрат ґрунту по шляху.

Обсяг переміщуваного відвалом ґрунту великою мірою залежить від величини ухилу місцевості, на якій працює бульдозер.

Під час роботи на спусках обсяг переміщуваного за один раз ґрунту, а отже, продуктивність різко збільшуються.

Що більше довжина планованої ділянки, то менше впливають втрати часу на розвороти, що призводить до збільшення продуктивності роботи бульдозера.

4.3 Виконання земляних робіт за допомогою скреперів

4.3.1 Призначення і класифікація скреперів

Скрепер – напівпричіпний, причіпний або самохідний дорожньо-будівельний і кар’єрний технічний засіб циклічної дії, призначений для пошарового зрізання, транспортування та відвантаження різних ґрунтів.

Головним робочим органом скрепера є металевий ківш із заслонкою, закріплений між колісними осями технічного засобу. Застосовується в гідротехнічному, цивільному й дорожньому будівництві під час асфальтування та будівництва доріг, в агропромисловому комплексі та комунальному господарстві, гірничій справі (рис. 4.13).



Рисунок 4.13 – Напівпричіпний скрепер

За способом пересування скрепери поділяються на такі:

– *самохідні* – застосовують під час транспортування на відстань 300...3 000 м і більше. У разі транспортування на відстань понад 3 000 м по бездоріжжю скрепери рентабельніші, ніж самоскиди, що завантажуються екскаватором. Самохідні скрепери становлять собою машину, у якій двигун і скреперне обладнання вбудовані в загальну конструкцію та тісно з нею поєднані. Віднесення напівпричіпних скреперів як одноосьових тягачів до групи самохідних досить умовно, оскільки за конструкцією вони можуть не відрізнятися від причеплених до двохосьового тягача. Усі ходові колеса самохідних скреперів приводні. Конструктивна вага, а також вага ґрунту в ківші розподіляються на передню й задню осі приблизно порівну, що найсприятливіше позначається на тяговій характеристиці машини;

– *напівпричіпні (навісні)* – складаються з двох частин – одноосьового (переважно) або двохосьового пневмоколісного тягача сідельного типу і скреперного обладнання. До того ж тягове й скреперне обладнання загалом

становить єдину машину. У разі необхідності колісний тягач можна від'єднати від скреперного обладнання, із яким він тісно не з'єднаний, і використати для інших цілей на будівництві. У напівпричіпних скреперів частина конструктивної ваги скрепера та ваги ґрунту в ківші передається як вертикальне довантаження на провідну вісь тягача, збільшуючи його зчіпну вагу й покращуючи цим тягову характеристику машини;

– *причіпні* – працюють у парі з базовим гусеничним трактором. Причіпні скрепери в поєднанні з базовими гусеничними тракторами використовують у разі дальності транспортування до 1 000 м (рис. 4.14). Дальність транспортування агрегату визначається його місткістю й швидкохідністю базового трактора. Якщо дальність транспортування 1 000 м, причіпні скрепери поступаються рентабельністю самоскидам, які завантажуються екскаватором. Якщо дальність транспортування менше 100 м, вигідніше застосувати більш простіші й дешевші землерийні машини – бульдозери. Гідрообладнання причіпних скреперів працює від гідросистеми трактора й керується з кабіни машиніста.

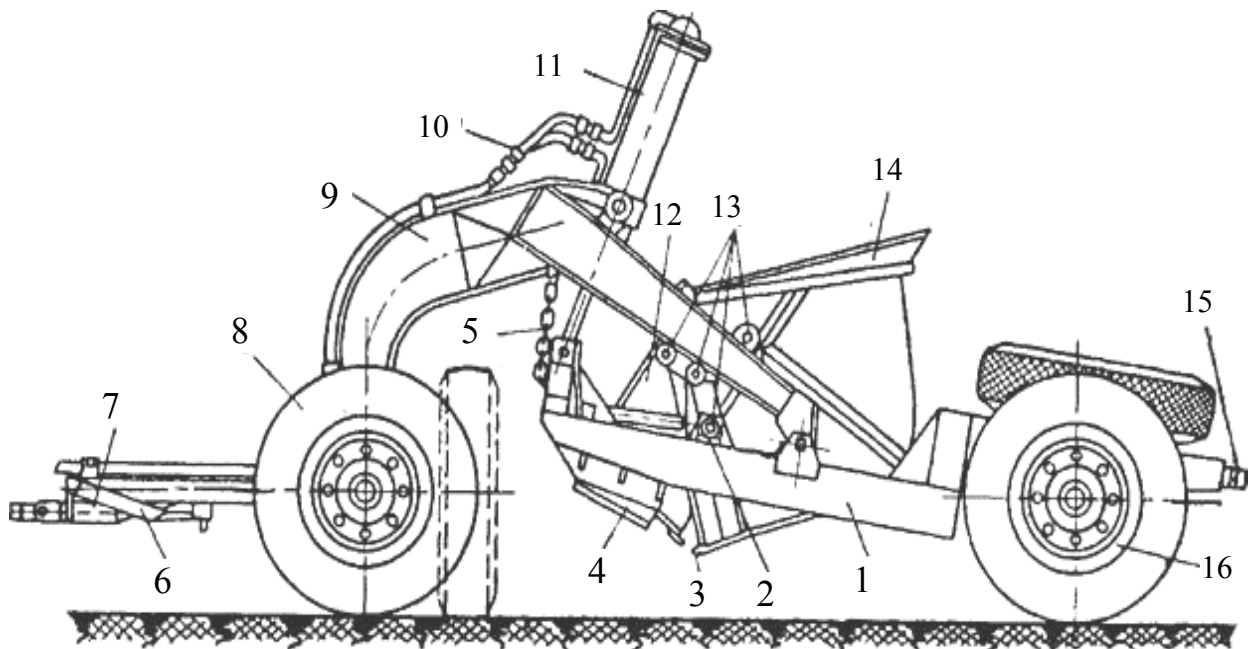


Рисунок 4.14 – Причіпний скрепер із гідравлічним управлінням: 1 – рама; 2 – вісь обертання ківша; 3 – ножі; 4 – бічні ножі; 5 – ланцюг транспортної підвіски; 6 – транспортне зчеплення; 7 – головне зчеплення; 8 – передні колеса; 9 – дишель; 10 – трубопроводи; 11 – гідравлічний циліндр; 12 – передня заслонка; 13 – шарнірно-важільний механізм; 14 – ківш; 15 – задній буфер; 16 – задні колеса

У сучасній практиці поширення набули напівпричіпні скрепери (див. рис. 4.15), зокрема як силове й тягове обладнання використовують типові одноосьові тягачі.

За типом ходової частини базової машини розрізняють машину на гусеничному та колісному ході.

За способом завантаження (наповнення) ківша виокремлюють скрепери із завантаженням під тиском проникнення різального інструменту ґрунту (найпоширеніший спосіб) і з завантаженням за допомогою елеватора. У першому

випадку ківш наповнюється з подоланням значних опорів, у другому – вони зменшуються, оскільки ґрунт підіймається в ківш елеватором.

Намагання зменшити енергоємність завантаження ковша скрепера призвело до створення скреперів з елеваторним завантаженням ковша і стало непотрібно застосовувати бульдозери-штовхачі. Дослідні зразки таких скреперів виготовлені з ковшами ємністю 14...20 м³.



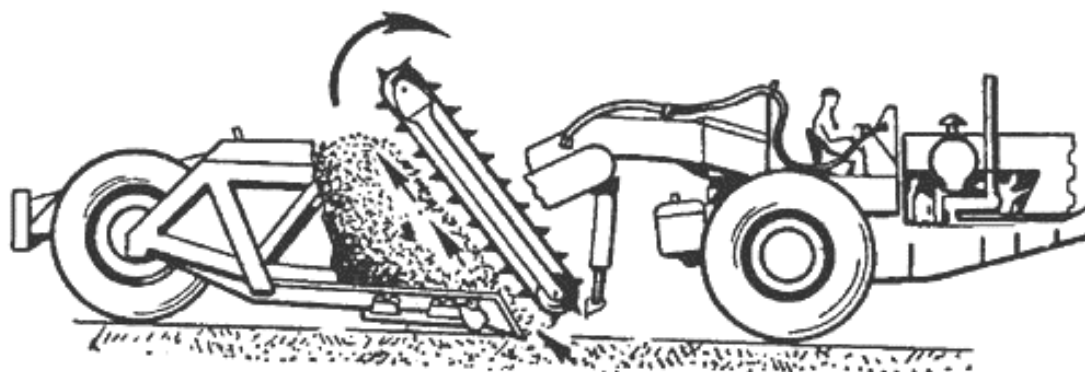
Рисунок 4.15 – Напівпричіпний скрепер

Ківш такого скрепера складається з двох бічних і похило приварених до них задньої та передньої торцевих стінок. Над передньою стінкою встановлено похилий елеватор із ковшами скребачкового типу для піднімання ґрунту, зрізаного ножами днища ковша. Піднятий елеватором ґрунт зсипається в ківш скрепера. Для розвантаження ґрунту днище ковша за допомогою гідравлічних штовхачів відкочується назад за ходом машини (див. рис. 4.16).

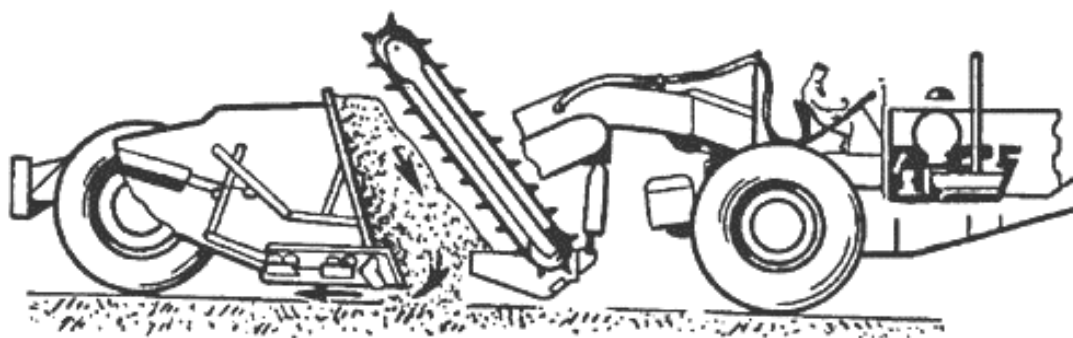
Привід елеватора механічний – від вала відбору потужності. Елеваторне завантаження забезпечує високий коефіцієнт наповнення ковша незалежно від товщини проходження різального інструмента в ґрунт та фізико-механічних властивостей ґрунту. До того ж непотрібно застосовувати допоміжні бульдозери для штовхання скреперів під час набору ґрунту (особливо під час розроблення важких щільних ґрунтів і використання скреперів великої місткості).

За способом розвантаження ковша розрізняють скрепери з вільним, примусовим, напівпримусовим і щільним розвантаженням (униз). У скреперах із вільним (самоскидним) розвантаженням ківш перекидається назад (у одноосьових скреперах) або вперед (у двохосьових скреперів). Скрепери з вільним розвантаженням ковша погано розвантажують липкі й перезволожені ґрунти.

У скреперах із примусовим розвантаженням ґрунт виштовхується прямолінійним рухом уперед задньою рухомою стінкою ковша. Скрепери з таким розвантаженням можуть працювати на будь-яких ґрунтах, зокрема на липких і перезволожених.



а



б

Рисунок 4.16 – Принципова схема напівпричіпного скрепера з елеваторним завантаженням:
а – набірвання ґрунту; б – навантаження ґрунту

У скреперах із напівпримусовим розвантаженням днище й задня стінка конструктивно виконані як єдиний вузол, який шарнірно підвішений до бічних стінок або до підножової плити ковша. Для розвантаження днище із задньою стінкою перекидається вперед, при цьому ґрунт на початковій стадії виштовхується з ковша примусово, а наприкінці розвантажується шляхом вільного висипання під дією власної ваги. Під час напівпримусового розвантаження стінки ковша повністю очищуються від липких і перезволожених ґрунтів.

Під час щільового розвантаження ґрунту (униз) днище ковша, повертаючись, виводиться з-під ґрунту й розміщується під кутом щодо горизонту $72...75^\circ$. Цей спосіб розвантаження характеризується хорошим вивантаженням липких і перезволожених ґрунтів і значно меншою енергоємністю механізму вивантаження.

За системою управління робочими органами розрізняють скрепери з канатним, гідравлічним та електричним управлінням.

Останнім часом поширення набувала гідравлічна система управління. Головною перевагою гідравлічного механізму є можливість реверсувати діючі зусилля. Під впливом гідравлічного циліндра подвійної дії всю вагу скрепера

можна зосередити на різальних ножах, а шлях для врізання ковша в ґрунт є мінімальним. Аналогічний циліндр примусово повністю закриває заслонку ковша, запобігаючи втраті ґрунту під час його транспортування (рис. 4.17).

Швидкість руху напівпрічипного й самохідного скреперів передбачена в межах 40...50 км/год (приблизно в 6...6,5 разів більше, ніж гусеничного).

За ємністю розрізняють ковші малої (до 3 м³); середньої (3...10 м³); великої ємності (понад 10 м³).

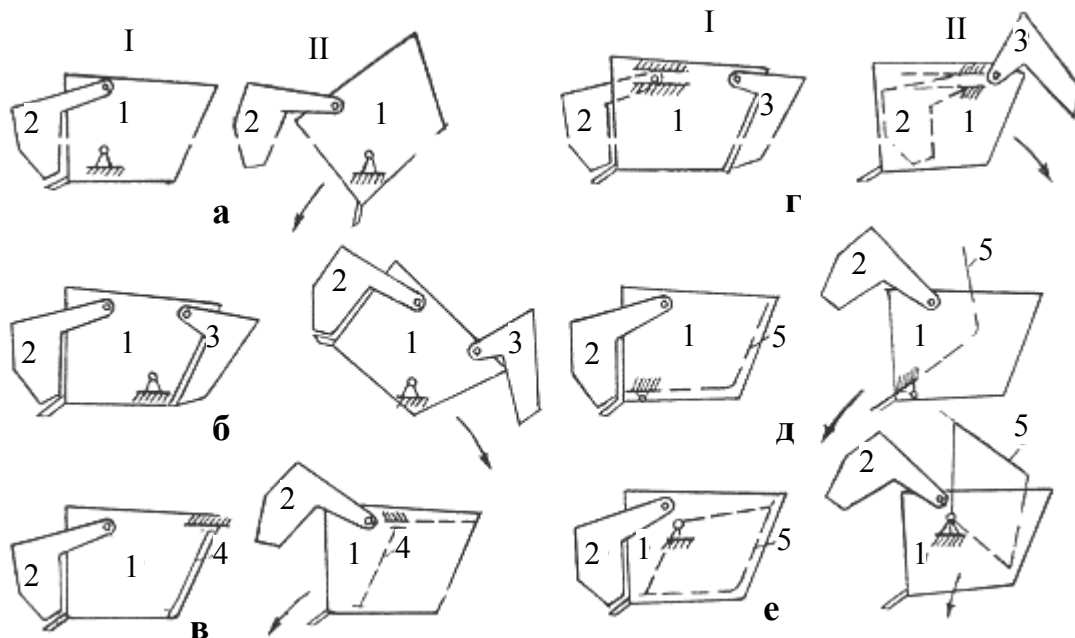


Рисунок 4.17 – Транспортне (I) і розвантажувальне (II) розміщення скреперних ковшів різних конструкцій, що розрізняються за способом розвантаження: а – вільне, із нахилом уперед; б – те саме назад; в – примусове, із рухом уперед задньої стінки; г – те саме із рухом назад передньої заслонки; д – напівпримусове, із нахилом уперед днища й задньої стінки; е – напівпримусове щільне, із нахилом уперед днища й задньої стінки; 1 – ківш; 2 – передня заслонка; 3 – задня заслінка; 4 – рухома задня стінка; 5 – рухливі днище й задня стінка

Ємність сучасних скреперів збільшується зі збільшенням потужності тракторів і колісних тягачів. У практиці європейських країн геометрична ємність ковша скрепера зазвичай не перевищує 10...15 м³.

У США на великих гідротехнічних будівництвах із великими обсягами земляних робіт застосовують скрепери з ковшами ємністю 15...30 м³, якщо потужність колісного тягача до 515 кВт (700 к. с.). Ємність здвоєних ковшів у деяких скреперних агрегатах сягає 109 м³ при потужності тягача 880 кВт (1 200 к. с.) (два дизелі по 440 кВт).

За конструкцією розрізняють скрепери з одностулковим, двостулковим, рейферним і телескопічним ковшем.

4.3.2 Виконання робіт за допомогою скреперного комплексу машин

За допомогою скреперів розробляють, транспортують і пошарово відсипають ґрунт на місці укладання. У разі достатньої вологості ґрунтів і рівномірності руху скреперів по всій насипаній площі (поверхню потрібно попередньо спланувати) можна досягти хорошого ущільнення ґрунту в насипах.

У будівництві скрепери застосовують:

- для розроблення ґрунту у виїмках (котловани, кар'єри, резерви, канали);
- для влаштування насипних земляних споруд (дорожнє будівництво, земляні греблі, обваловані дамби);
- на розкривних роботах і на роботах, пов'язаних із підготуванням основ споруд (зняття рослинного ґрунту, розкриття кар'єрів будівельних матеріалів, видалення непридатних ґрунтів із-під площ основ будівель і споруд);
- для планувальних робіт на будівельних майданчиках (рис. 4.18).



4.18 – Планування за допомогою скрепера будівельного майданчика на похилій ділянці

Під час застосування скрепера «під ухил» товщина шару різання збільшується, а довжина шляху набору та його час зменшується приблизно на 20...30 %. Під час розроблення ґрунту другої групи можна використати ухил 11...12°, третьої групи – до 15...16°. До того ж коефіцієнт наповнення ковша збільшиться на 15...20 %.

Під час розроблення пухких і легких порід ківш буде більше наповнюватися під час роботи скрепера на підйом до 50°. У разі такої схеми розроблення ґрунту порода скочується в ківш під дією сили тяжіння.

У низці випадків, а саме під час відсіпання земляних споруд заввишки понад 2 м або під час виконання робіт скреперами з ковшами ємністю понад 15 м³, потужності тільки одноосьового тягача стає недостатньо. У цьому разі на проблемних ділянках шляху, окрім скрепера, необхідно застосовувати й штовхачі, яким може бути бульдозер.

Товщина шару укладання ґрунту залежить від конструктивних особливостей скрепера й вимог подальшої технології стосовно роботи з ґрунтом, а саме: технологією його розрівнювання, зволоження, ущільнення (див. рис. 4.19 – 4.21).

Якщо ґрунт відсипається в якісний насип, то товщина шару укладання обирається відповідно до технічних можливостей засобів ущільнення ґрунту. Товщина шару укладання регулюється встановленням на необхідній висоті ножа скрепера.

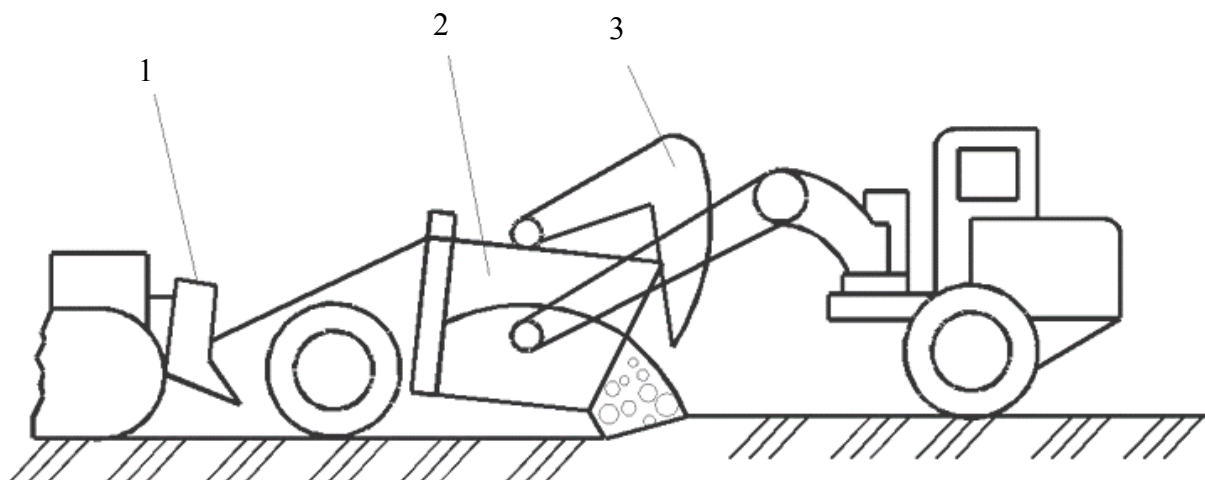


Рисунок 4.19 – Схема технологічної операції копання ґрунту скрепером:
1 – відвал бульдозера; 2 – ківш скрепера; 3 – заслонка ковша

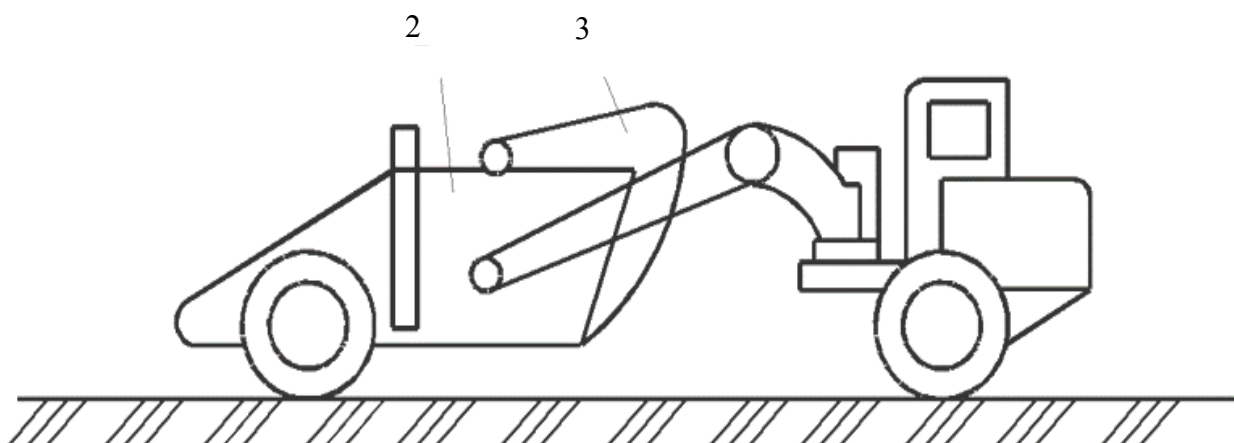


Рисунок 4.20 – Схема технологічної операції транспортування ґрунту скрепером:
2 – ківш скрепера; 3 – заслонка ковша

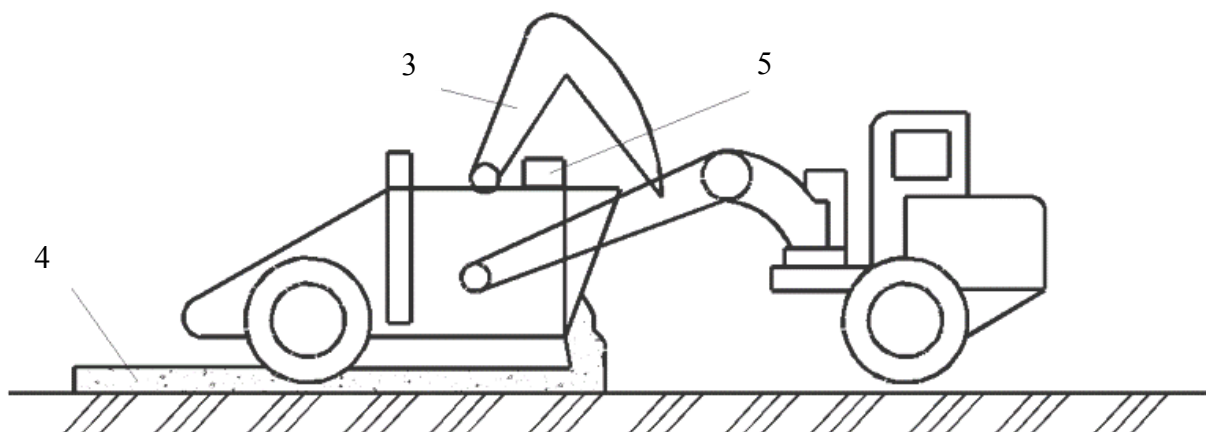


Рисунок 4.21 – Схема технологічної операції відсипання ґрунту скрепером:
3 – заслонка ковша; 4 – відсипаний ґрунт; 5 – висувна задня стінка

Ґрунт ріжуть скрепером з однаковою товщиною або зі змінним перерізом шару. Схема руху ножа скрепера може бути гребінчастою, хвилеподібною, траншейно-гребінцевою.

Різання ґрунту скрепером із шаром змінного перерізу та з використанням гребінчастої схеми наведено на рисунку 4.22.

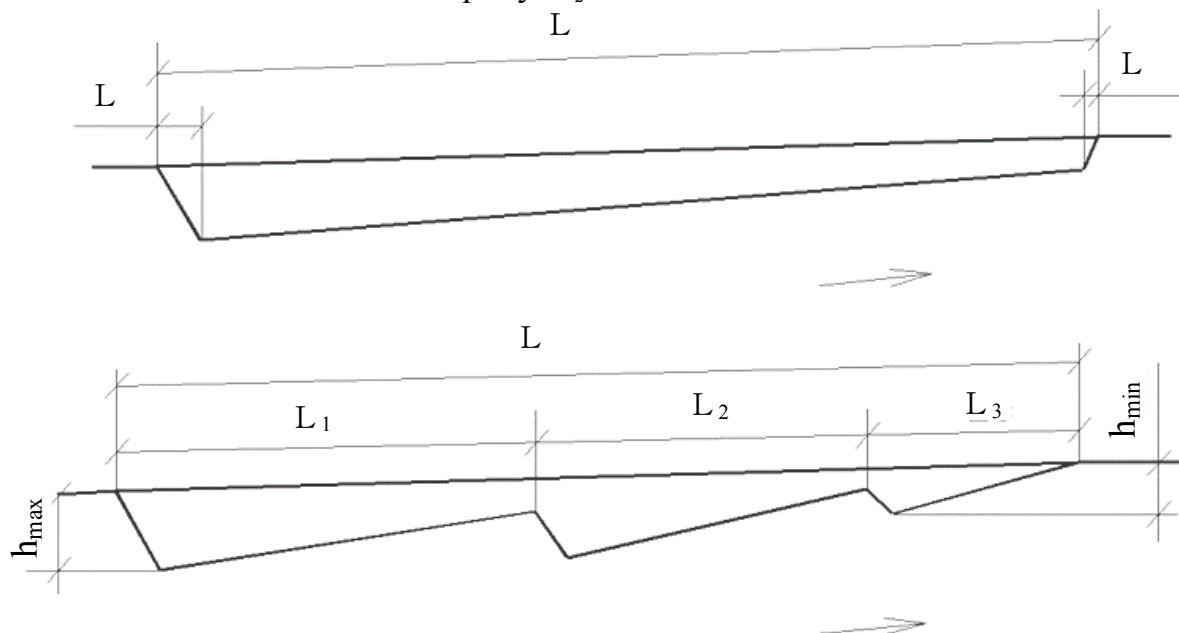


Рисунок 4.22 – Різання ґрунту скрепером шаром змінного перерізу і за гребінчастою схемою

Різання шаром із змінним перерізом забезпечує постійне навантаження на тягач під час наповнення ковша.

У разі використання гребінчастої схеми ґрунт зрізається зі змінним заглибленням і поступовим підняттям ножа скрепера. Кожне подальше заглиблення ножа ковша менше попереднього за висотою приблизно в 1,5 рази, а за довжиною – в 2 рази.

Для отримання рівнішого забою рекомендується кожне подальше зарізання ножем ковша розпочинати на 2...3 м далі від попереднього, зберігаючи рух по смузі. Ця схема забезпечує краще наповнення ковша й раціональне використання потужності тягача.

Надмірно сухі ґрунти під час розроблення зволожують. У процесі розроблення щільних ґрунтів, коли зусилля одного тягача недостатньо, використовують трактор-штовхач, працюють під ухилом або ґрунт попередньо розрихлюють. У разі використання штовхача наповнення ковша збільшується на 10...12 %, а час набирання скорочується в 2...3 рази, що визначає ефективність роботи.

Набирати ґрунт скреперами можна тільки на прямих ділянках, довжина яких достатня для довжини шляху набирання й самого скреперного агрегата.

До моменту початку набирання ґрунту тягач або принаймі частина скрепера вже повинні розміщуватися на смузі набирання ґрунту.

Після закінчення набирання тягач і частина скрепера виходять за межі ділянки, на якій зрізався ґрунт; усе це необхідно враховувати під час

розроблення технологічних карт виконання робіт.

Для обґрунтування виконання робіт скреперами потрібно брати до уваги таке:

- ґрунтові умови: робота скреперів ускладнюється на сухих сипких і важких глинястих ґрунтах; вони не можуть бути використані в ґрунтах із великими кам'януватими включеннями, за наявності пеньків, великих коренів;

- вологість ґрунтів: на вологих і липких ґрунтах коефіцієнт наповнення знижується до 0,3...0,5; за наявності ґрунтових вод скрепери застосовувати не можна – вони грузнуть;

- дальність переміщення ґрунту й ухили рельєфу: для причіпних скреперів до 400 м, максимум – 800 м, для самохідних – до 5 000 м;

- ухили шляху по місцевості, виїзди з виїмки та на насипу повинні бути доступними для техніки;

- габаритні розміри виїмки та насипу: скрепер повинен мати ширину різальної окрайки не більше ширини виїмки, що розробляється, по дну і вільно розміщуватися по ширині насипу (із запасом не менше ніж 0,5 м із кожного боку);

- достатність місця для маневрування скрепера в межах виїмки та на насипу з урахуванням практичної величини радіуса повороту;

- загальний обсяг робіт і обсяг робіт, які припадають на один скрепер, в умовах роботи на певному об'єкті повинні бути достатніми для їхнього ефективного використання.

Виконання робіт на нульовому циклі скрепером значною мірою визначається схемою його руху.

Здебільшого використовують такі раціональні схеми руху скреперів: еліптична (рис. 4.23), спіральна, вісілкою, зигзагом, човниково-поперечна і човниково-повздовжня.

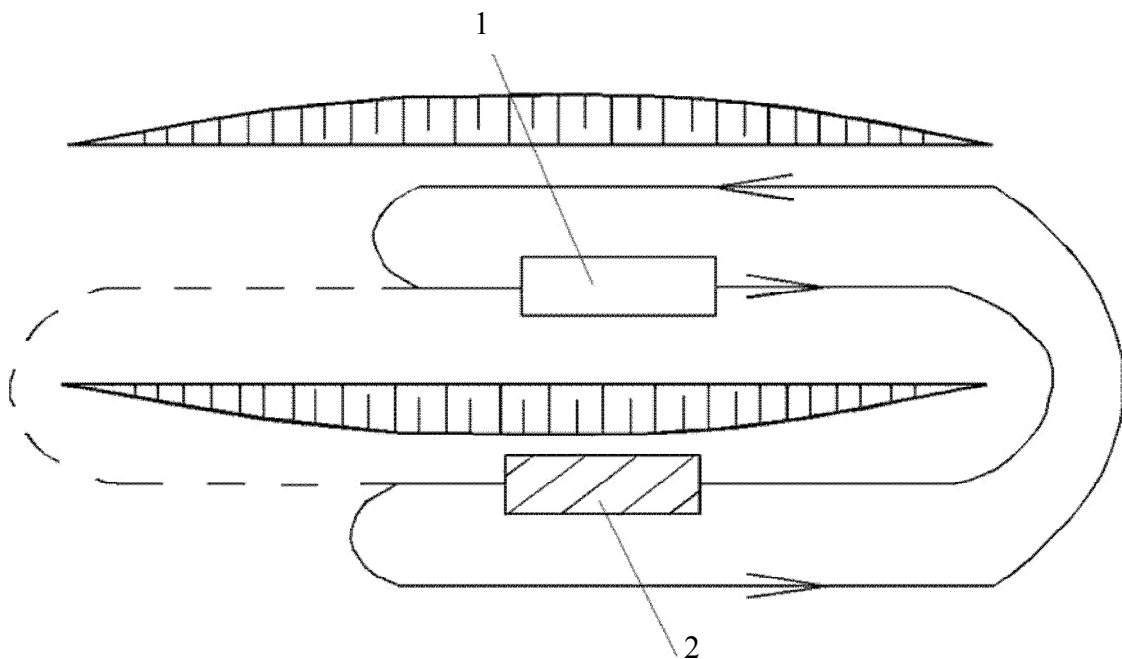


Рисунок 4.23 – Еліптична схема руху скреперів: 1 – набирання ґрунту; 2 – розвантаження ґрунту

Обґрунтування еліптичної схеми руху скрепера передбачає такі вимоги:

- шлях руху скрепера повинен бути найкоротшим і з найменшою кількістю крутих поворотів;
- ліві та праві повороти бажано чергувати, що сприяє рівномірному зношуванню ходових частин скрепера;
- фронт робіт у виїмці й на насипу повинен бути достатнім для повного завантаження та подальшого розвантаження скрепера;
- підйоми у вантажному й порожньому напрямках мають бути якнайменшими.

Еліптична схема руху скреперів у суміжний насип є оптимальною під час зведення насипів із одnobічних або двобічних резервів, а також під час влаштування виїмок та укладання ґрунту в дорожні розв'язки, подовжені насипи або кавальєри, під час планувальних робіт у промисловому й цивільному будівництві (рис. 4.24).

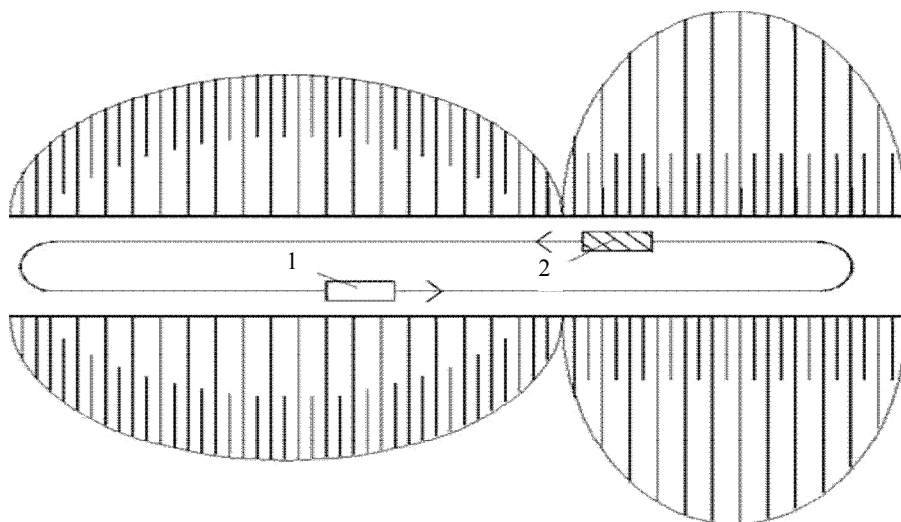


Рисунок 4.24 – Еліптична схема руху скреперів у суміжний насип: 1 – набирання ґрунту; 2 – розвантаження ґрунту

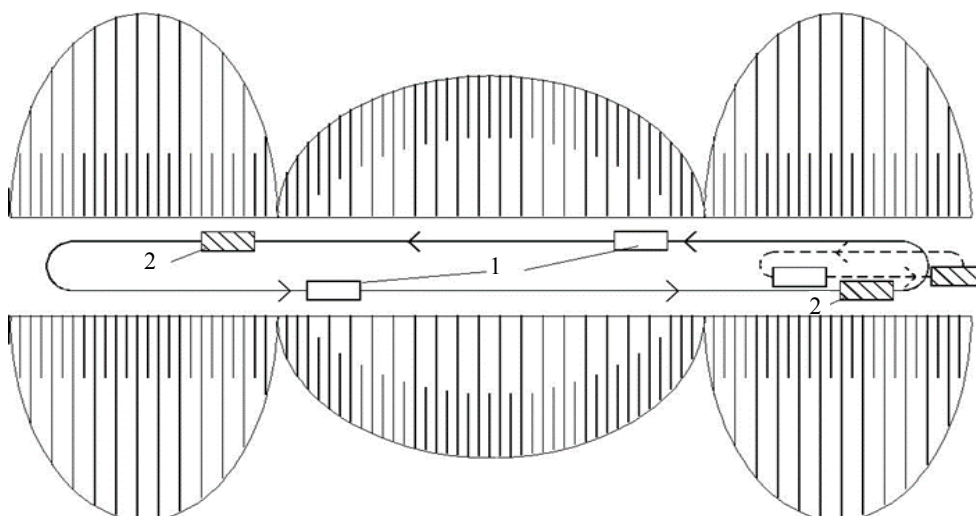


Рисунок 4.25 – Еліптична схема руху скреперів із виїмки в два насипи: 1 – набирання ґрунту; 2 – розвантаження ґрунту

Особливо ефективною є еліптична схема руху скреперів із виїмки в два насипи (див. рис. 4.25) під час зведення насипів або розроблення виїмок на лінійних об'єктах будівництва з висотою насипу або глибиною виїмки не більше двох метрів, коли влаштовувати виїзди або з'їзди не потрібно, або під час повздовжнього переміщення ґрунту з виїмки в суміжний насип (рис. 4.26).

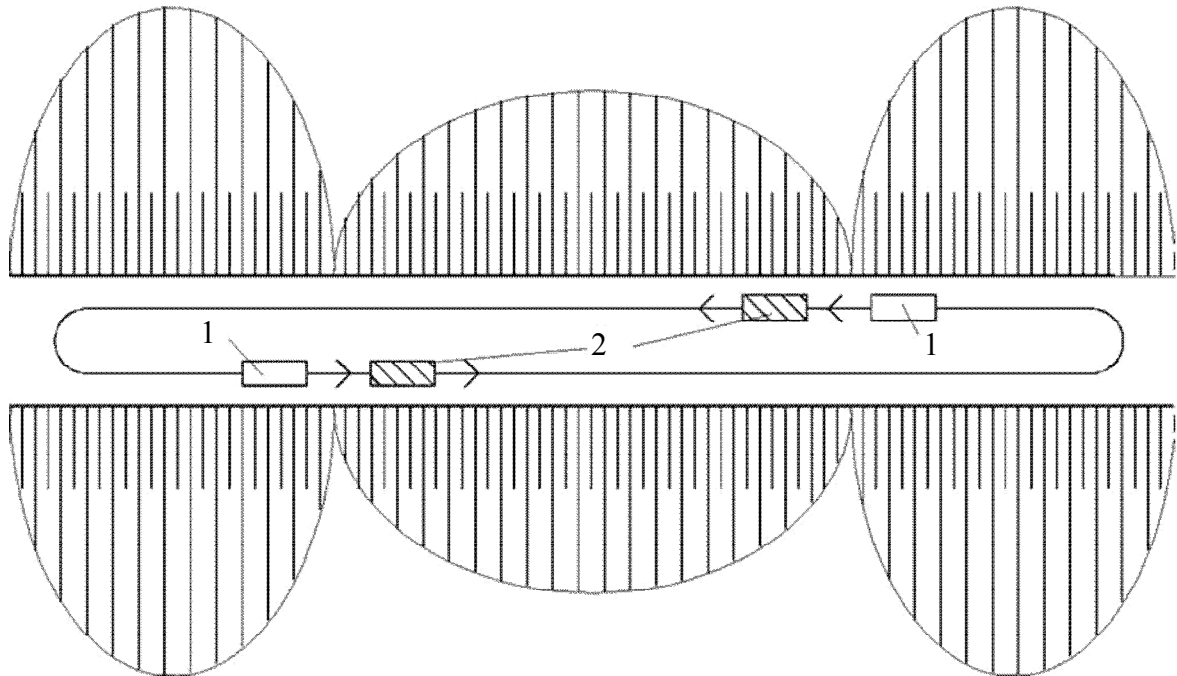


Рисунок 4.26 – Еліптична схема руху скреперів із двох виїмок у насип: 1 – набирання ґрунту; 2 – розвантаження ґрунту

Під час розроблення ґрунту у виїмці застосовують два способи – повздовжній і поперечний.

Повздовжню схему руху скреперів по еліпсу під час влаштування якісного насипу наведено на рисунку 4.27.

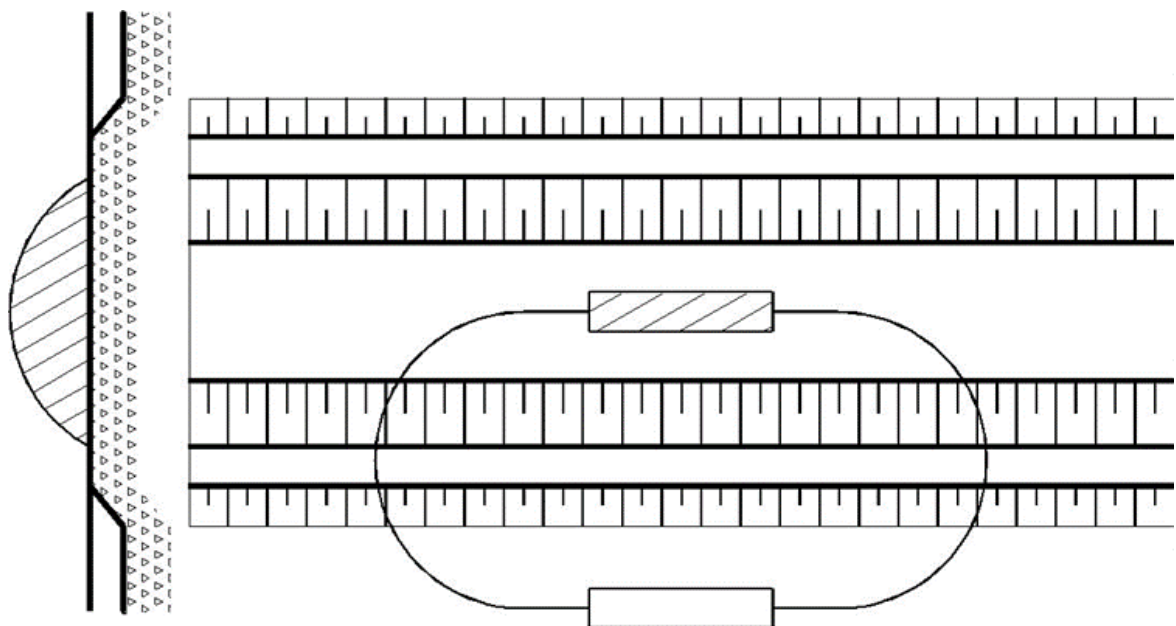


Рисунок 4.27 – Повздовжня еліптична схема руху скреперів під час влаштування якісного насипу

Спіральна схема – це різновид еліптичної, яку застосовують під час зведення широких насипів із двобічних резервів або широких виїмок завширшки і завглибшки до 2,5 м, оскільки їх виконують також без виїздів і з'їздів.

Спіральна схема порівняно з еліптичною сприяє збільшенню продуктивності, оскільки під час відсипання ґрунту перпендикулярно до осі споруджуваної споруди скорочується дальність його транспортування (рис. 4.28).

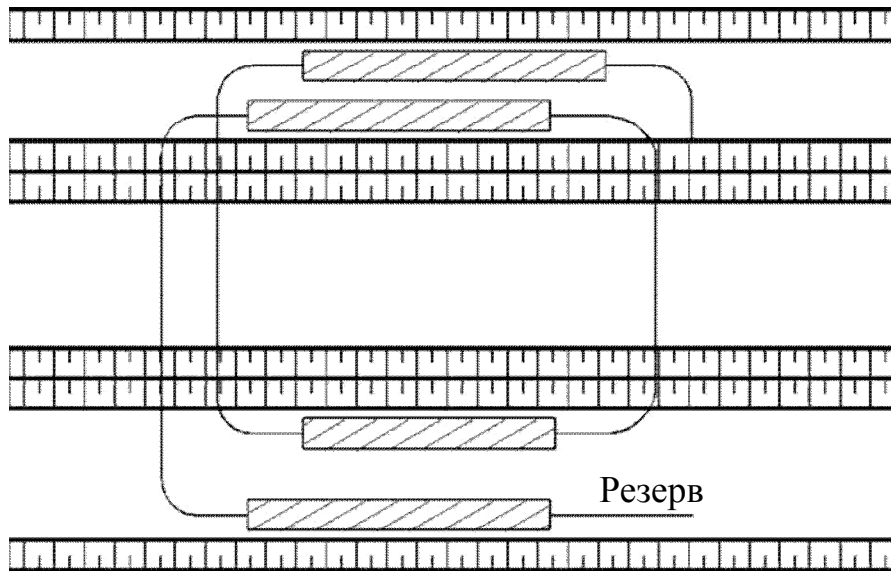


Рисунок 4.28 – Технологічна схема руху скреперів по спіралі під час влаштування якісного насипу

У разі, якщо низ виїмки стосовно верху насипу розташовується на відстані понад 1 м, для полегшення піднімання навантаженого скрепера влаштовують в'їзди та з'їзди.

Відносно повздовжньої осі споруди з'їзди та в'їзди розміщують або в поперечному напрямі – прямі, або в повздовжньому – приставні (рис. 4.29).

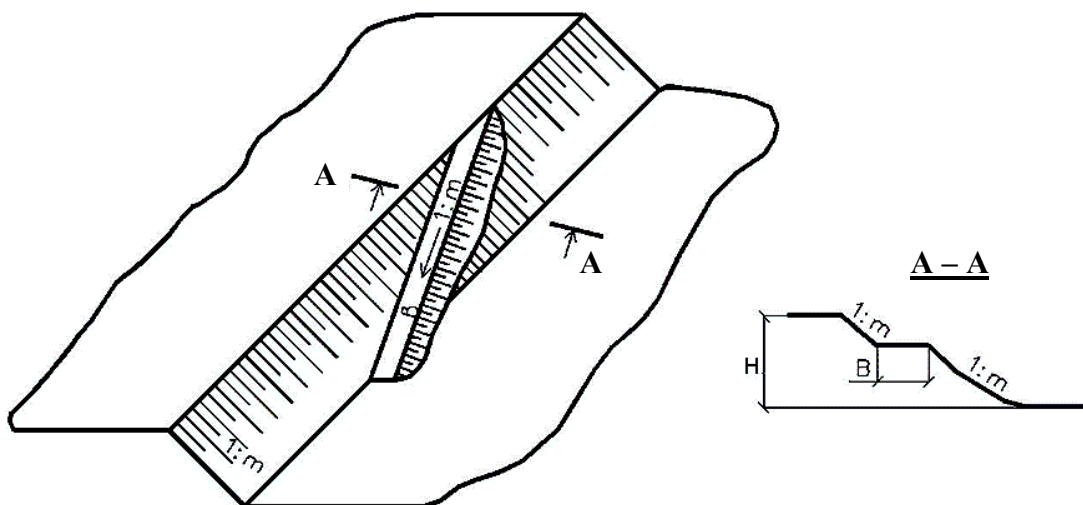


Рисунок 4.29 – Схема приставного в'їзду на насип

В'їзд на насип рекомендується влаштовувати на напівнасипах, а з'їзди з насипу у виїмку – у напіввиїмках (див. рис. 4.30).

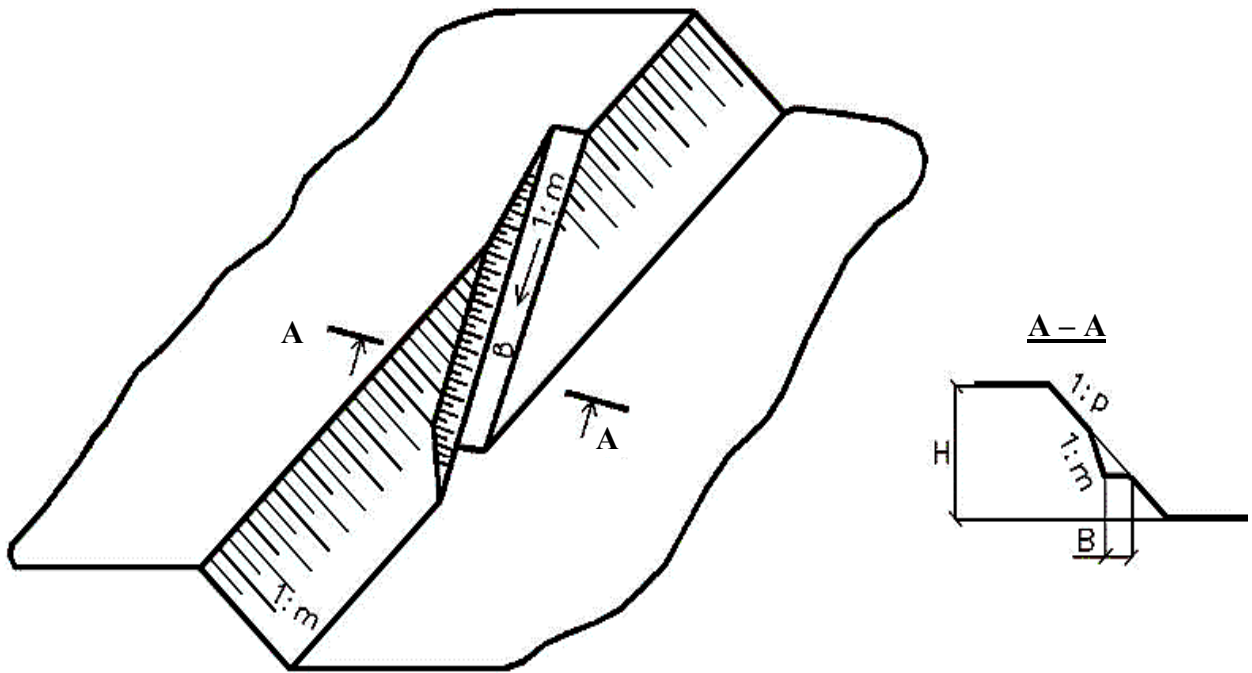


Рисунок 4.30 – Схема з'їзду з насипу у виїмку

Усі приставні в'їзди та з'їзди, які влаштовують на схилах насипів або виїмок, необхідно обгородити знизу земляним валом, що відсипається на узбіччі і за висотою не менше ніж одна третина діаметра колеса скрепера або тягача. Ширина узбіччя знизу від приставних в'їздів і з'їздів, розташованих на схилах насипів або виїмок, повинна бути не меншою, ніж дві висоти вала плюс 0,5 м, у всіх інших випадках – дорівнювати половині ширини проїзної частини.

Проїзній частині приставних в'їздів і з'їздів необхідно надати поперечного ухилу у вищий бік і з цього боку влаштувати кювет. Під час великого напливу води необхідно вжити заходів, що унеможливають розмивання кювету.

Ширина проїзної частини в'їздів і з'їздів у разі однобічного руху скреперів повинна становити:

- для скреперів з об'ємом ковша до 6 м^3 – не менше ніж 4 м;
- для скреперів з об'ємом ковша від 6 до 10 м^3 – не менше ніж 4,5 м;
- для скреперів з об'ємом ковша понад 10 м^3 – не менше ніж 5,5 м.

Не менш поширені перпендикулярні в'їзди на насип та з'їзди у виїмку, їх наведено на рисунках 4.31 та 4.32.

Відстань між сусідніми в'їздами та з'їздами визначається в ПВР залежно від обсягу робіт, у середньому вона коливається у межах 60...100 м, але не більше ніж 150...200 м для причіпних скреперів, а для самохідних скреперів відстань між сусідніми в'їздами та з'їздами встановлюють приблизно через 300...400 м.

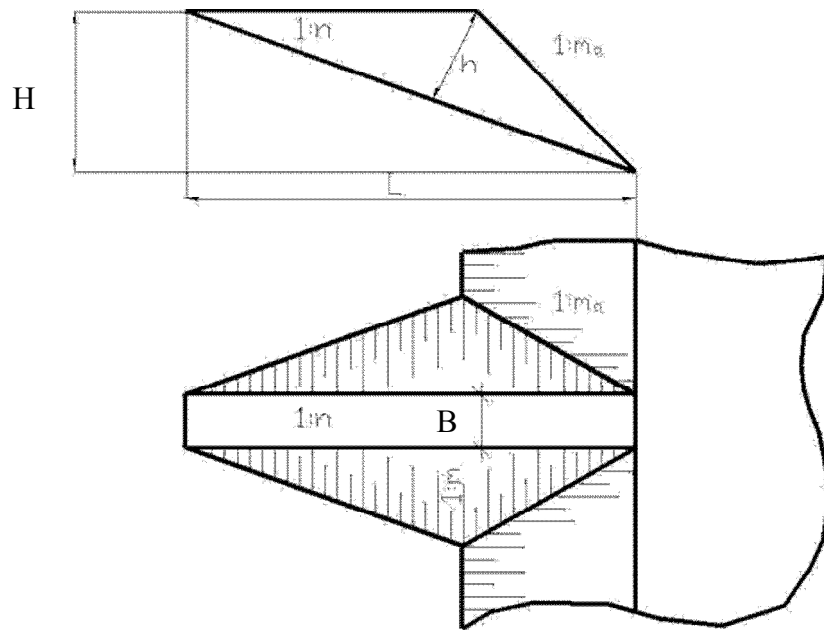


Рисунок 4.31 – Схема перпендикулярного з'їзду у виїмку: B – ширина з'їзду у виїмку; H – глибина виїмки; L – довжина з'їзду

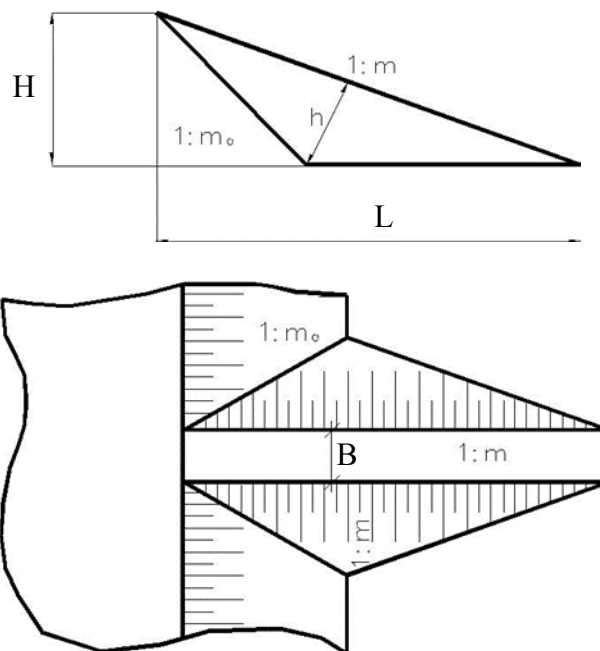


Рисунок 4.32 – Схема перпендикулярного в'їзду на насип: B – ширина в'їзду на насип; H – висота насипу; L – довжина в'їзду

Оскільки тривалість набирання й вивантаження ґрунту у разі застосування будь-якої схеми руху в певних ґрунтових умовах практично мало змінюється, то продуктивність скрепера здебільшого обумовлюється довжиною шляху, пройденого на навантаженому й неробочому ході.

У разі збільшення дальності перевезення ґрунту продуктивність скрепера різко зменшується. Межі застосування скреперів можна розширити, якщо збільшити транспортні швидкості руху до 30...60 км/год. Це можливо в разі використання скреперів зі швидкохідними колісними тягачами.

4.4 Виконання земляних робіт за допомогою екскаваторів

4.4.1 Призначення й класифікація екскаваторів

Екскаватори – це самохідні землерийні машини з ківшевим робочим обладнанням. Екскаватори використовують:

- для розроблення різних категорій ґрунтів (зокрема мерзлих), влаштування виїмок і насипів;
- для будівництва кар'єрів, автомобільних і залізничних доріг, зрошувальних і судноплавних каналів, гребель, захисних земляних дамб;
- для створення котлованів під будівлі та споруди, опор ліній електропередачі та контактної мережі;
- для риття траншей для підземних комунікацій, водовідвідних кюветів;
- для проведення гірських виробок.

Крім того, екскаваторна техніка застосовується під час виконання розкривних, видобувних, переєкскаваційних, зачисних, відвальних та навантажувально-розвантажувальних робіт (рис. 4.33).



Рисунок 4.33 – Застосування екскаватора під час відвальних робіт

Екскаватори класифікують за такими ознаками:

1. *За принципом дії:*

- *циклічної дії.* До такого типу належать універсальні одноківшеві екскаватори з дизельним двигуном, які виконують усі операції щодо розроблення, транспортування та вантаження ґрунту послідовно, багато разів повторюючи цикли робіт;

– *безперервної дії*. Цей тип машин розробляє та транспортує ґрунт у відвал або вантажить його одночасно в транспортний засіб. За типом робочого органу екскаватори безперервної дії класифікують на ланцюгові (рис. 4.34), роторні, шнекороторні й фрезерні. Залежно від особливостей переміщення робочого органу в просторі такі екскаватори можуть бути з поздовжнім, поперечним і радіальним способом копання.



Рисунок 4.34 – Ланцюговий екскаватор

В екскаваторах із поздовжнім способом копання площа переміщення робочого органу й напрям руху машини співпадають.

В екскаваторах поперечного копання площа переміщення робочого органу перпендикулярна до напрямку руху машини.

В екскаваторах радіального копання робочий орган переміщається, повертаючись відносно вертикальної осі.

2. За типом ходової частини:

– *гусеничні екскаватори*. Обладнані шасі з гусеничним двигуном і повноповоротною вежею. Вони характеризуються високою прохідністю, стійкістю й незначним питомим тиском на ґрунт при великій масі. Можуть працювати на слабких і перезволожених ґрунтах, зокрема на торфорозробках (болотні екскаватори зі збільшеною шириною траків). Транспортна швидкість ходу – до 15 км/год. До місця проведення екскаваційних робіт, зазвичай, перевозяться тягачами на низькорамних тралах;

– *колiсні екскаватори*. Як ходову частину використовують пневмоколiсні шасі. Характеризуються більшою транспортною швидкістю порівняно з гусеничними та мають меншу масу, що забезпечує їхнє переміщення по бетонному й асфальтобетонному покриттю. Колiсні екскаватори ефективніші в разі частого перекидання техніки між об'єктами й експлуатації їх на твердих

поверхнях. Вага пневмоколісних будівельних екскаваторів зазвичай не перевищує 22 т, а ємність ковша обмежується 1,5 м³. Усі колісні екскаватори оснащуються аутригерами – виносними опорними елементами, які потрібні екскаватору для більшої стійкості (рис. 4.35);



Рисунок 4.35 – Екскаватор на колісному ході

– екскаватори на автомобільному шасі. Ходовою частиною є шасі вантажного автомобіля. Відрізняються від інших типів екскаваторів високою транспортною швидкістю. Застосовуються в тих випадках, коли потрібно забезпечити мобільність транспортування (військова справа, рятувальні операції, екстрені дорожньо-будівельні та ремонтні роботи). Як робочий орган здебільшого використовують зворотню механічну лопату. Для приводу робочого органу може використовуватися як двигун базового автомобіля, так і двигун, що встановлюється на поворотній платформі;

– крокуючі екскаватори. Як ходова частина використовуються опорні плити, які приводяться в дію за допомогою гідравлічного рушія. Застосування гідравлічного крокуючого рушія дає змогу знизити навантаження на ґрунт, оскільки маса таких екскаваторів може досягати декількох тисяч тонн. На крокуючому ході випускають великі кар’єрні екскаватори з об’ємом ковша до 40 м³ і вильотом стріли до 150 м. Крокуючі екскаватори застосовують для виконання розкривних робіт, під час видобутку корисних копалин і переміщення їх у відвал;

– *рейкові (залізничні) екскаватори*. Як шасі використовують залізничну платформу. Застосовують для проведення ремонтних робіт на залізниці. Обсяг ковша не перевищує 4 м³. Поворотна платформа й робоче обладнання уніфіковані з гусеничними або колісними екскаваторами;

– *плаваючі екскаватори*. Як платформу для робочого обладнання використовують понтон. Застосовуються для навантажувально-розвантажувальних робіт, видобутку піску й гравію з водойм, дноочищувальних і днопоглиблювальних робіт (рис. 4.36);



Рисунок 4.36 – Плаваючий екскаватор

– *навісні екскаваторні модулі*. Не мають власного шасі й належать до навісного гідравлічного обладнання. Як базове шасі використовується трактор, здебільшого колісний. Неповноповоротне екскаваторне обладнання встановлюється позаду (рідше збоку) трактора на спеціальній рамі. Обсяг ковша – до 0,70 м³. Застосовуються під час виконання невеликих землерийних або навантажувальних робіт, ремонту інженерних мереж. Для приводу ковша використовується двигун базового трактора.

3. За призначенням:

– *траншейні екскаватори*. Належать до категорії екскаваційних машин безперервної дії з багатоківшевим або безківшевим (скребковим) робочим органом для повздовжнього копання. Призначені для риття траншей під прокладання нафто- й газопровідних магістралей, водопровідних і каналізаційних систем, будівництва ліній зв'язку, прокладання кабелів у різних типах ґрунтів, а також риття траншей під протяжні стрічкові фундаменти будівель та споруд, рекультивації земель, проведення меліоративних робіт. Залежно від типу робочого обладнання траншейні екскаватори поділяються на *ланцюгові* і *роторні*. Зі свого боку, ланцюгові траншейні екскаватори можуть

бути багатоківшевими або безківшевими (з баровим робочим органом), а роторні – багатоківшевими і безківшевими (з фрезерним робочим органом). Ходовою частиною в траншейних екскаваторах може бути як гусеничне, так і колісне шасі;

– *кар'єрні екскаватори*. Належать до категорії багатоківшевих гусеничних або крокуючих екскаваторів безперервної дії, з об'ємом ковша до 8 м³ і масою до 3 000 т. Призначаються для роботи в кар'єрах для розроблення рудних і вугільних родовищ. Зазвичай кар'єрними екскаваторами вважають також одноківшеві екскаватори з дизельним двигуном та об'ємом ковша понад 4 м³ (рис. 4.37);



Рисунок 4.37 – Кар'єрний екскаватор

– *будівельні екскаватори*. Це найпоширеніший різновид одноківшевих екскаваторів. Відрізняються невеликим об'ємом ковша (до 3 м³), ходовою частиною зазвичай є колісне шасі. Призначені для проведення земляних робіт під час будівництва, виїмки м'яких гірських порід, видобутку піску та глини;

– *підземні екскаватори*. Належать до категорії тунельних і шахтних екскаваторів. Використовуються в підземних умовах для утворення великого поперечного перерізу під час проходження тунелів, спорудження камер підземних споруд, виїмки корисних копалин. Ємність ковша – 0,75...1 м³, маса – 15...30 тон;

– *розкривні екскаватори*. Різняться великою ємністю ковша й великим радіусом черпання та розвантаження (понад 100 м). Призначені для розроблення верхніх шарів порід (розкриву);

– *планувальні екскаватори*. Є універсальними екскаваційними машинами з повноповоротним ковшем і телескопічною стрілою. Призначені для

розроблення ґрунтів I-II категорій. Використовуються для робіт під мостами, на ділянках перетину підземних комунікацій; для зачищення вертикальних стінок траншей і котлованів; для копання, розпушування й навантаження ґрунту в транспортні засоби, киркування дорожніх покриттів. Найефективніші під час планування похилих поверхонь каналів, насипів та виїмок земляного полотна, розташованих нижче рівня стоянки екскаватора. Екскаватори-планувальники на пневмоколісному ході широко застосовуються в дорожньому господарстві, під час утримання та ремонту асфальтованих автомобільних доріг;

– *екскаватор-струг*. Головним призначенням є проведення земляних робіт на залізничних коліях і очищення їх від снігу. За допомогою колійних струг нарізають нові й очищують застарілі кювети, виправляють укуси виїмок, насипів та баластної призьми;

– *екскаватор-дреноукладальник*. Призначений для відривання траншеї та одночасного укладання в неї дренажних труб у зонах зрошення (рис. 4.38).



Рисунок 4.38 – Екскаватор-дреноукладальник

Труби укладають за допомогою трубоукладача, що становить собою зварний бункер, навішуваний на підймальну раму ланцюгового траншейного екскаватора. Екскаватори-дреноукладальники оснащені системами автоматичного витримування заданого ухилу дна траншеї, що дає змогу укладати дренаж як на рівній місцевості, так і на трасах із поперечним та повздовжнім ухилом. Такі екскаватори обладнані ківшевим робочим обладнанням і стрічковим відвальним конвеєром;

– *екскаватор-каналокочач*. Призначений для риття каналів у зонах осушення й зрошення. Також їх використовують для розроблення траншей із укосами під час будівництва трубопроводів. Робочий орган таких екскаваторів складається з двох похилих за профілем каналу роторів, кожен з яких під час поступального руху машини прорізає щілини уздовж укосу;

– *універсальний одноковшевий екскаватор*. Це багатофункціональна землерийна машина, яка легко перебудовується під конкретний різновид робіт шляхом замінування робочого обладнання. Усі головні параметри таких екскаваторів (виліт стріли, розмір гусеничних опор, габарити, потужність, швидкість, ємність ковша, вантажопідймальність) стандартизовані;

– *екскаватор-навантажувач*. Як робочі органи використовуються навантажувальний і екскаваторний ківш типу «пряма лопата» (рис. 4.39). Навантажувальний ківш може бути з грейферними щелепами і без них. Ківш без грейферних щелеп використовується для відвалу й переміщення вантажів, а із щелепами може виконувати функції захоплення, скрепера та підймальника.



Рисунок 4.39 – Екскаватор-навантажувач

Призначений для розроблення ґрунтів і навантаження сипких і подрібнених матеріалів вище за рівень розміщення машини. Подвійна функціональність цієї машини дає змогу не тільки розробляти ґрунт, а й самостійно здійснювати відвал ґрунту на незначні відстані. Розрізняють легкі, середні, важкі й великовантажні екскаватори-навантажувачі. Легкі екскаватори-навантажувачі (0,5...2 т) зручні для роботи на вузьких вулицях і майданчиках з обмеженням простору. Середні (2...4 т) і важкі екскаватори-навантажувачі (4...10 т) можуть використовуватися для риття котлованів і траншей на будмайданчиках, під час проведення дорожніх робіт або прокладання комунікацій. Великовантажні (понад 10 т) використовуються переважно на

будівельних об'єктах із великим обсягом земляних робіт і в кар'єрах. Зазвичай цей тип екскаваторів випускають із колісною базою, хоча використовують також моделі і на гусеничному ході.

Робоче обладнання екскаватора складається з ковша, держака та стріли. Монтують його одночасно із силовою установкою, приводними механізмами та кабіною машиніста на поворотній платформі, яка за допомогою опорно-поворотного пристрою спирається на ходову частину (рис. 4.40).

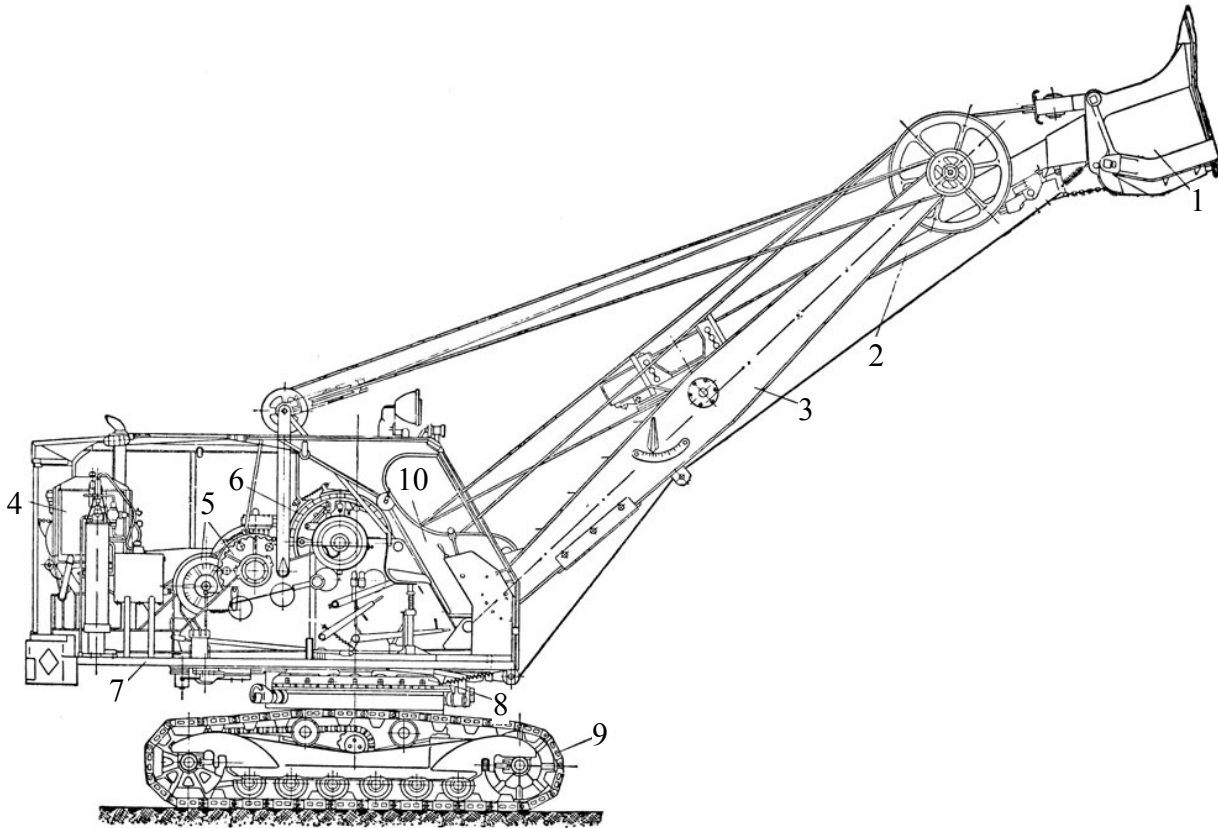


Рисунок 4.40 – Гусеничний екскаватор з обладнанням «пряма лопата»: 1 – ківш; 2 – держак; 3 – стріла; 4 – двигун; 5 – передавальні механізми; 6 – головна лебідка; 7 – поворотна платформа; 8 – поворотний механізм; 9 – гусеничний хід; 10 – кабіна машиніста-екскаваторника

Екскаватор має такі механізми: *напірний* – для висунення рукояті з ковшем відносно стріли, *стрілонідіймальний* – для змінювання нахилу стріли, *поворотний* – для повороту робочого обладнання разом із платформою, для пересування та піднімання ковша.

Одноківшеві екскаватори класифікуються за такими ознаками:

– за типом ходового пристрою – на гусеничні зі звичайною та збільшеною опорними поверхнями гусениць, пневмоколісні на спеціальному шасі автомобільного типу, на шасі вантажного автомобіля або трактора;

– за типом приводу – з одномоторним (механічним і гідромеханічним) і багатомоторним (гідравлічним та електричним) приводом;

– за різновидом опорно-поворотного пристрою – на повноповоротні (кут повороту робочого обладнання в плані не обмежений) і неповноповоротні (кут повороту робочого обладнання в плані обмежений 270°);

– за способом підвішування робочого устаткування – з гнучкою підвіскою на канатних поліспахах і з жорсткою підвіскою за допомогою гідроциліндрів;
– за різновидом виконання робочого обладнання – із шарнірно-важільним і телескопічним робочим обладнанням.

Крім зазначених ознак, однокішшеві екскаватори можуть бути *універсальними, напівуніверсальними та спеціальними* (кар’єрні, розкривні, тунельні) (рис. 4.41).



Рисунок 4.41 – Тунельний екскаватор

Універсальними умовно називають екскаватори, що працюють зі змінним робочим обладнанням понад три різновиди (рис. 4.42), *напівуніверсальними* – двох-трьох різновидів, *спеціальними* – із обладнанням одного різновиду.



Рисунок 4.42 – Універсальний екскаватор

Головний параметр одноківшевих екскаваторів – експлуатаційна маса в тоннах.

Залежно від різновиду виконуваних робіт екскаватори можуть мати таке робоче обладнання: пряму лопату (рис. 4.43, а), зворотну лопату (рис. 4.43, б), драглайн (рис. 4.43, д), грейфер (рис. 4.43, е), кран (рис. 4.43, ж). Рідше використовують копер (рис. 4.43, к), корчівник (рис. 4.43, м), клин-молот, струг (рис. 4.43, в) тощо.

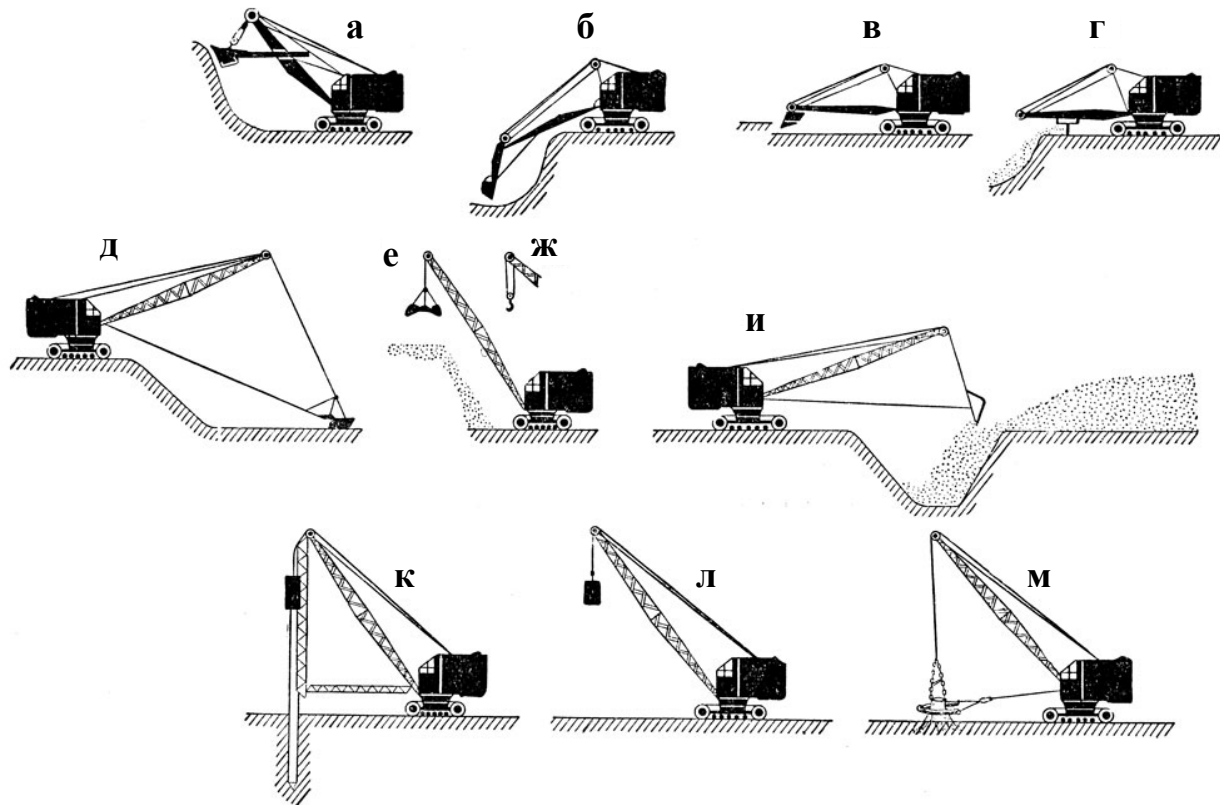


Рисунок 4.43 – Одноківшеві екскаватори зі змінним робочим обладнанням: а – пряма лопата; б – зворотна лопата; в – струг; г – засипник; д – драглайн; е – грейфер; ж – кран; и – канатно-скребковий; к – копер; л – трамбувальник; м – корчівник

Екскаватор з обладнанням «*пряма лопата*» призначений для розроблення ґрунту вище рівня його розташування. Ківш у цьому разі рухається знизу уверх і від екскаватора. Прямою лопатою зазвичай розробляють ґрунт із навантаженням у транспортні засоби, а іноді у відвал. Цикл роботи екскаватора з прямою лопатою складається з таких операцій: копання ґрунту (висування й піднімання держака з ковшем); повороту на розвантаження (поворот платформи з робочим обладнанням); розвантаження (відкривання днища ковша або поворот ковша відносно держака); повороту в забій; втягування держака й опускання ковша на підшову забою. Екскаватори з канатним управлінням та ємністю ковша до $0,4 \text{ м}^3$ не мають напірного механізму. Напірний рух передається держаку під час одночасного підймання ковша й опускання стріли.

Екскаватор з обладнанням «*зворотна лопата*» призначений для риття траншей і невеликих котлованів, розташованих нижче рівня його розташування. Під час копання ківш рухається зверху вниз і вгору щодо екскаватора.

Ківш врізається в ґрунт під дією сили тяжіння робочого обладнання під час підтягування держака з ковшем. Напірного механізму немає. Під час розвантаження держак із ковшем викидається вперед (рис. 4.44).

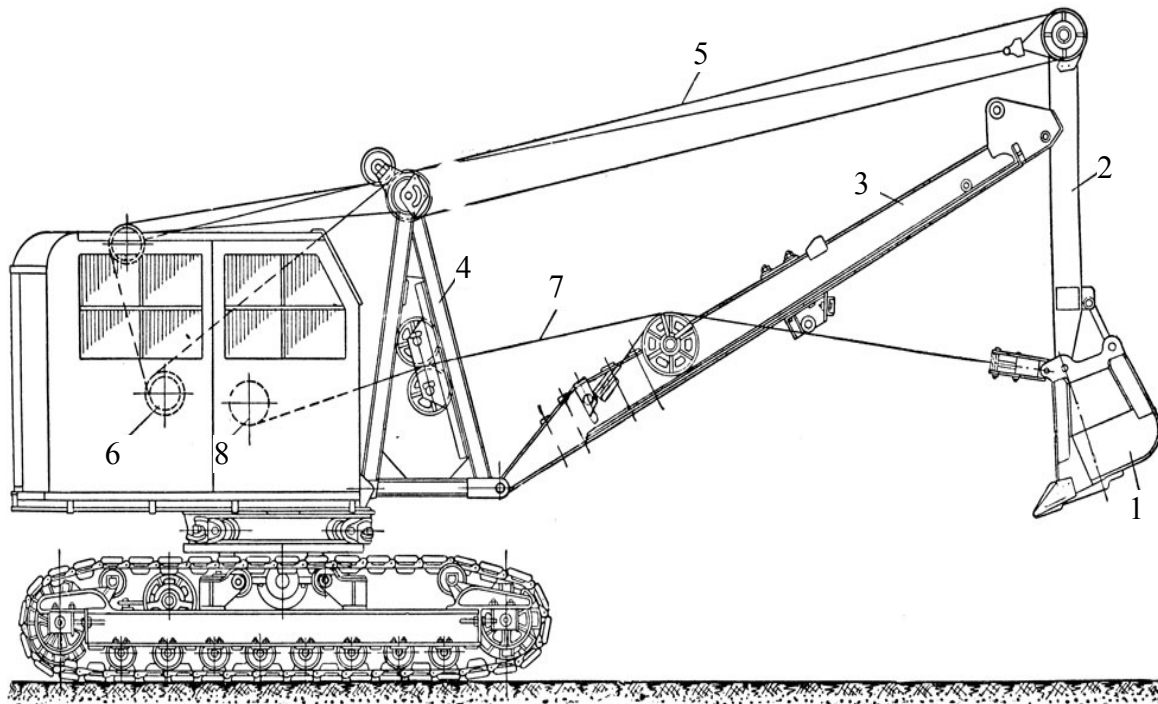


Рисунок 4.44 – Гусеничний екскаватор з обладнанням «зворотна лопата»: 1 – ківш; 2 – держак; 3 – стріла; 4 – двонога; 5 – підіймальний трос; 6 – підіймальна лебідка; 7 – тяговий трос; 8 – тягова лебідка

Відмінною особливістю екскаваторів з обладнанням «драглайн» є наявність подовженої гратчастої стріли та гнучкої канатної підвіски ковша. Копання ґрунту ковшем драглайна й наповнення його ґрунтом здійснюється шляхом підтягування ковша до екскаватора під час розташування самої машини вище виїмки. Порівняно з прямою і зворотною лопатами драглайн має великі радіус дії та глибину копання, що дає змогу розробляти великі за перерізом траншеї і котловани з відсіпанням ґрунту у відвал або (рідше) в транспортні засоби. Крім того, драглайни застосовують для вилучення ґрунту із дна водойм, спорудження високих насипів із бічних резервів, на розкривних роботах.

Робочий цикл екскаватора-драглайна передбачає такі операції:

- піднімання ковша підіймальним канатом до голови стріли при злегка натягнутому тяговому канаті;
- закидання ковша в забій із відпущенням тягового, а потім підіймального канатів (можливе закидання ковша одночасно з розворотом поворотної платформи зі стрілою);
- копання ґрунту шляхом підтягування ковша тяговим канатом;
- піднімання ковша канатом з одночасним натягом і пригальмовуванням тягового каната, одночасно з підніманням ковша відбувається поворот платформи на розвантаження;

– розвантаження ковша, перекидання за умови відпущеного тягового каната на натягнутому підйимальному канаті, поворот платформи в початкове положення (рис. 4.45).



Рисунок 4.45 – Екскатор з обладнанням «драглайн»

Екскатор з обладнанням «грейфер» використовують для відривання робочих котлованів, очищення водойм та каналів, для розвантаження та завантаження сипких матеріалів (рис. 4.46).



Рисунок 4.46 – Екскатор з обладнанням «грейфер»

Це обладнання складається з двощелепного ковша, встановленого на нижньому кінці штанги, підвішеної до держака зворотної лопати на двох циліндричних шарнірах, чим забезпечується вертикальне розташування ковша. Щелепи розкриваються за допомогою гідроциліндрів.

Щоб розпочати роботу, ківш із розкритими щелепами опускають на захоплюваний матеріал, потім їх змикають. Ківш впроваджується в матеріал і заповнюється ним. Потім його піднімають із виїмки за допомогою держака повертаючи платформу на розвантаження (рис. 4.47). Ківш розвантажують, розмикаючи щелепи ковша. Для розпушування міцних і мерзлих ґрунтів екскаватори укомплектовують однозубим розпушувачем, гідромолотом (руйнування скельних порід, злом асфальту під час ремонту доріг).

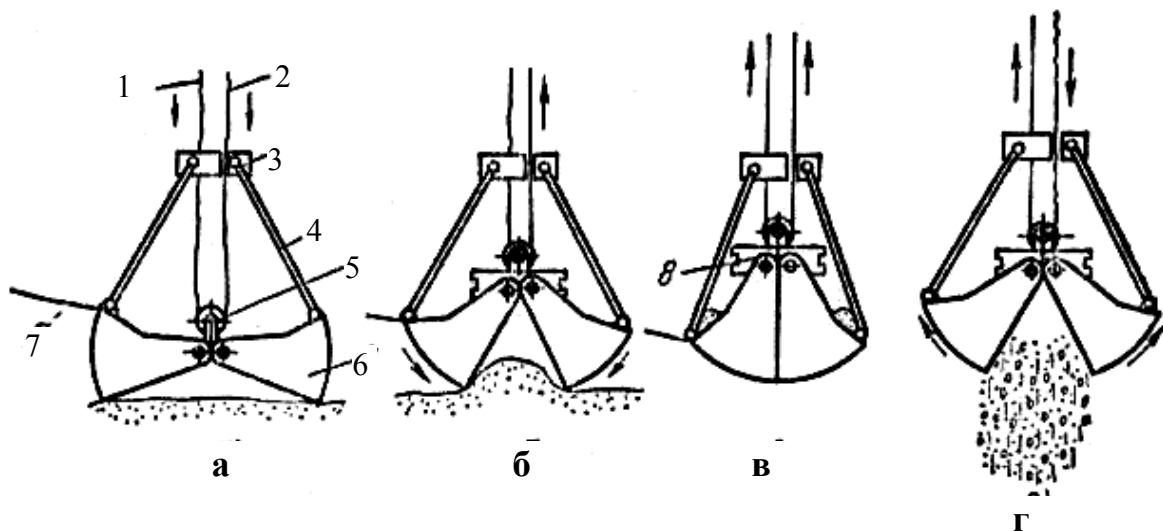


Рисунок 4.47 – Послідовність роботи грейфера: а – грейфер, опущений на розроблювальний ґрунт; б – зачерпування ґрунту; в – піднімання заповненого грейфера; г – розвантаження грейфера; 1 – підтримувальний канат; 2 – замикальний канат; 3 – верхня головка; 4 – тяга; 5 – блок; 6 – щелепа; 7 – відтяжний канат-заспокоювач; 8 – нижня головка

Робочий цикл одноківшевого екскаватора складається з копання (заповнення ковша), переміщення до місця вивантаження, вивантаження у відвал або в транспортні засоби й зворотного ходу в забій.

Забоєм називається робоча зона екскаватора, до якої входять майданчик, на якому розміщується екскаватор, частина масиву ґрунту, що розробляється екскаватором з однієї стоянки, і майданчик, на якому встановлюється транспорт під навантаження або розміщується відвал ґрунту.

Екскаватор і транспортні засоби необхідно розташовувати, щоб середня величина повороту екскаватора від місця заповнення ковша до місця вивантаження була мінімальною, оскільки для повороту стріли може витратитися до 70 % часу робочого циклу екскаватора.

Екскаватор із прямою лопатою розробляє ґрунт вище рівня стоянки, з зворотною лопатою – нижче рівня стоянки.

Екскаватор з прямою лопатою розробляє ґрунт (у напрямі руху екскаватора щодо осі виїмки) чолової, розширеної чолової та бічної проходки.

Проходкою називається ділянка, розроблена в одному напрямі.

Чолова проходка застосовується для розроблення котлованів невеликих розмірів або траншей. Екسкаватор розробляє ґрунт перед собою, а автосамоскиди подають його на задньому ході до екскаватора. Розширеною вважається чолова проходка із шириною котловану $2 \dots 2,5$ радіуса різання (рис. 4.48).



Рисунок 4.48 – Чолова проходка екскаватором з прямою лопатою

Бічна проходка (поперечний спосіб) розробляє виїмки з відсипанням ґрунту в напрямі, перпендикулярному до осі виїмки та застосовується, якщо ширина котловану $2,5 \dots 3,5$ радіуса різання.

Екскаватори безперервної дії – це землерийні машини, що безперервно розробляють ґрунт з одночасним навантаженням його в транспортні засоби або у відвал. Робочий орган обладнаний декількома ковшами, скребками, різцями, які по черзі відділяють ґрунт від масиву. Їх кріплять на єдиному робочому органі – роторі або замкненому ланцюзі.

Їх класифікують так:

- за призначенням або різновидом виконуваних робіт: *траншейні, кар'єрні, будівельно-кар'єрні*;
- за типом робочого органу: *роторні, ланцюгові (скребковий, фрезерний)*;
- за способом копання: *повздовжні, поперечні*.

Ротори застосовують для розроблення траншей із невеликою глибиною (до 3 м). Ланцюгові – до 6 м завглибшки і більше. Їх застосовують для розроблення однорідних ґрунтів до I категорії. Великі кам'януваті включення зменшують ресурс цих машин. Для мерзлих ґрунтів головний параметр траншейних екскаваторів – глибина траншеї, що відривається, маса й потужність двигуна.

Траншейний екскаватор складається з двох частин – тягача й робочого обладнання, з'єднаних між собою напівпричіпною або навісною схемами. Робоче обладнання траншейного екскаватора (рис. 4.49) забезпечує відривання від масиву ґрунту в траншеї проектної глибини й ширини з укосами або без них, повне винесення його з траншеї та відсипання в бруствер (кавальєр) поруч із траншеєю.



Рисунок 4.49 – Траншейний екскаватор

Останню операцію виконує стрічковий відвальний конвеєр, встановлений перпендикулярно до повздовжньої осі траншеї в порожнині ротора (на роторних екскаваторах) або на тягачі (на ланцюгових екскаваторах). Для розроблення вузьких траншей (щілин) застосовують безконвеєрні скребкові фрезерні траншейні екскаватори.

4.4.2 Технологічні особливості та сфера застосування робочого обладнання «пряма лопата»

Коротка стріла (приблизно в два рази менша, ніж у драглайнів) і розміщення екскаватора на дні забою унеможливають застосування цього різновиду робочого обладнання для роботи у відвал. Пряму лопату використовують під час робіт із навантаженням у транспортні засоби, крім випадків розроблення виїмок на узгір'ях.

Під час розроблення ґрунту одноківшевими екскаваторами роботи проводяться позиційно – із забою. Після закінчення копання ґрунту в певному вибої екскаватор переміщується на нове місце.

Залежно від ширини розроблюваної виїмки виокремлюють два різновиди забоїв прямої лопати – *чоловий* і *бічний*.

У разі застосування *чолового забою* екскаватор за один прохід розробляє ґрунт попереду й збоку від осі ходу, яка поєднується з віссю виїмки. Розроблений ґрунт або надходить у відвал (рис. 4.50, а) або вантажиться в транспортні засоби, наявні на рівні підшви забою позаду за ходом екскаватора.

Під час *бічного розроблення* екскаватор черпає ґрунт переважно збоку від осі за ходом екскаватора (рис. 4.50, б). Ґрунт вивантажується в транспортні засоби, що розміщуються або на рівні стояння екскаватора, або трохи вище – на уступі.

З одного положення екскаватор може вибрати ґрунт перед собою на довжину не більше, ніж довжина напірного ходу держака. Щоб продовжити розроблення, екскаватор необхідно перемістити на нове місце.

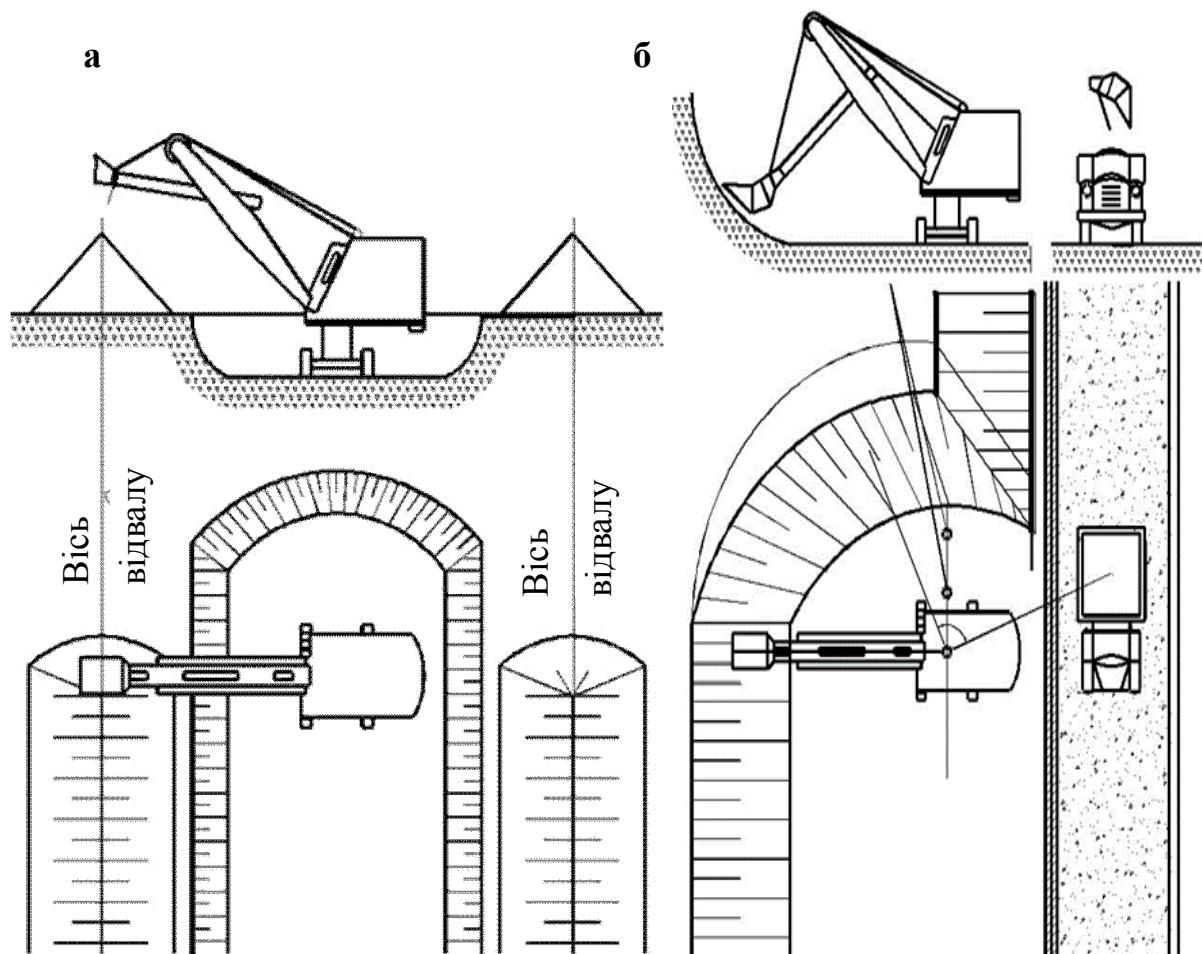


Рисунок 4.50 – Технологічна схема роботи екскаватора, обладнаного прямою лопатою:
а – під час чолового забою; б – під час бічного забою

У процесі розроблення ґрунту прямою лопатою укуси виїмки набувають криволінійної форми, подібної до обрису укосів забою, що зазвичай не відповідає необхідній проектній формі укусу. Унаслідок цього на укусах виїмки з'являються недобори, що потребують подальшого доопрацювання іншими механізмами (драглайнами, бульдозерами).

Значного зменшення обсягів недоборів можна досягнути правильно розбиваючи перетин виїмки на яруси й стрічки. Із огляду на це ширина стрічок

розроблення, крок екскаватора та інші технологічні параметри не повинні бути граничними, що дає змогу за допомогою сукупності технологічних прийомів точніше виконати укіс. Укоси необхідно зачищати в кожному ярусі після його розроблення, чим забезпечується можливість збирання обваленого вниз ґрунту тим самим екскаватором під час розроблення ґрунту в нижчому ярусі.

4.4.3 Технологічні особливості та сфера застосування робочого обладнання «зворотна лопата»

Під час розроблення ґрунту одноківшевіми екскаваторами з робочим обладнанням «зворотна лопата» роботи виконуються позиційно – із забою. Після закінчення копання ґрунту в певному забої екскаватор переміщається на нову позицію.

Розробляти ґрунт зворотними лопатами можна за допомогою повздовжнього (рис. 4.51) або поперечного способів.

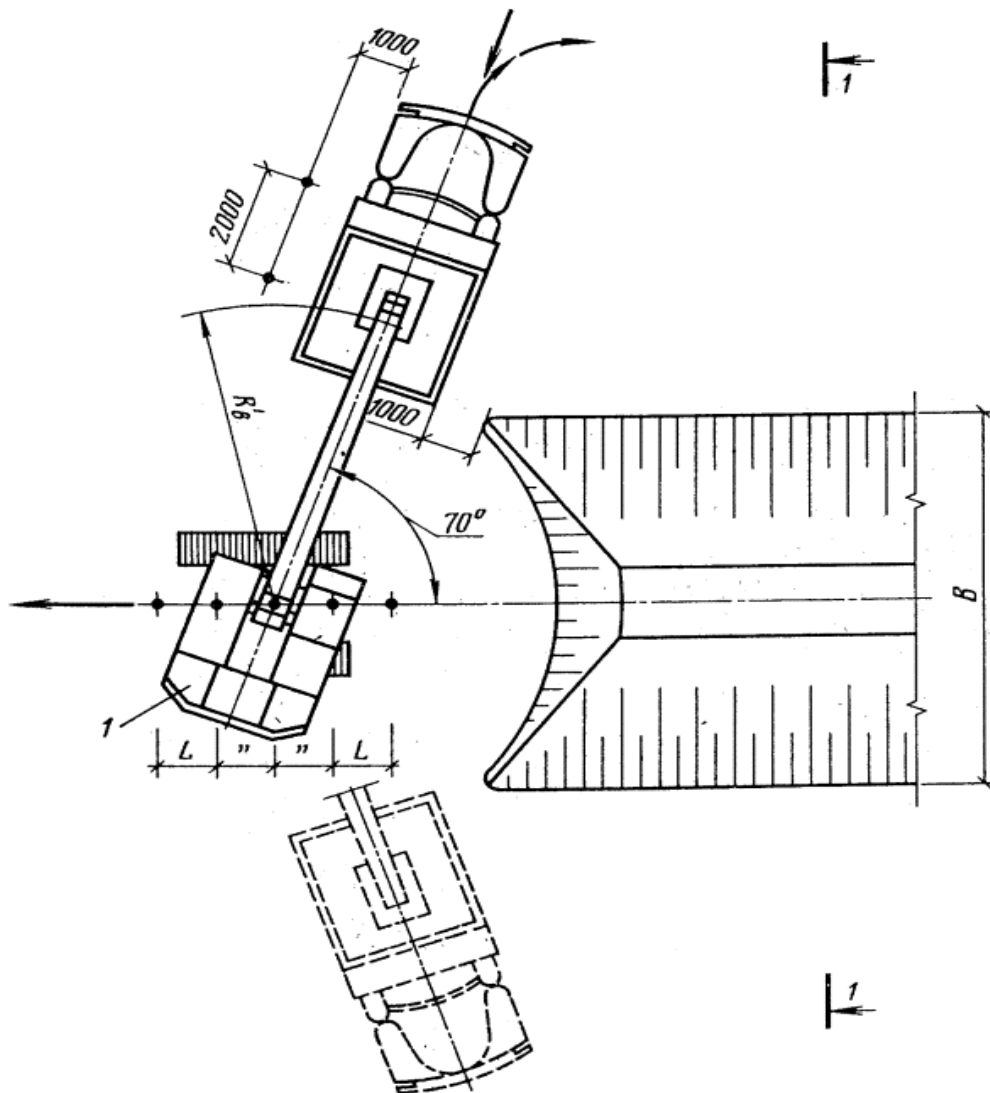
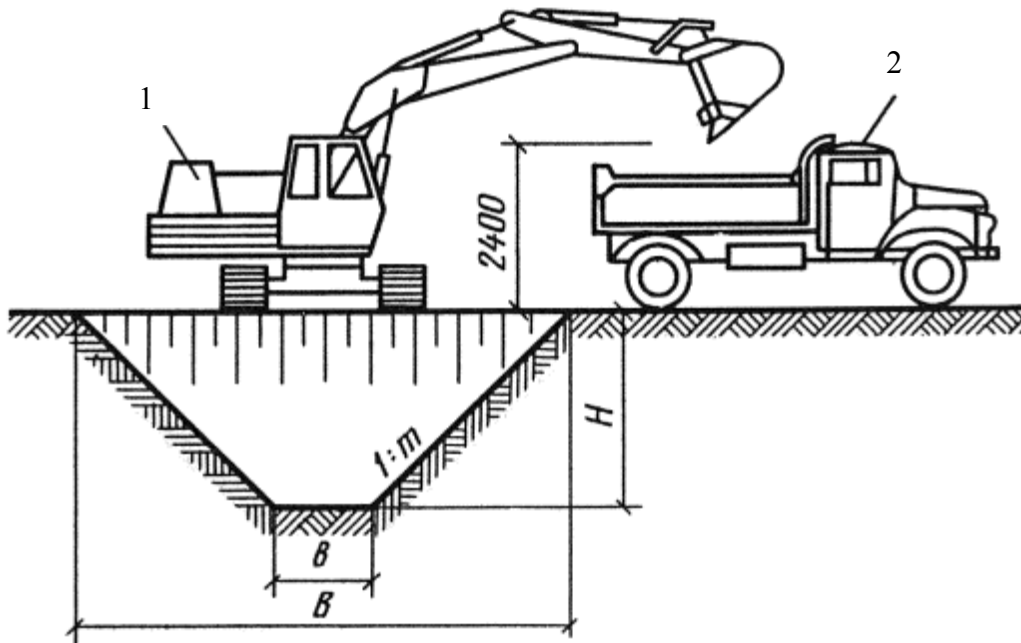


Рисунок 4.51 – Схема розроблення виїмок повздовжнім способом екскаватором, обладнаним зворотною лопатою, і навантаження ґрунту в автомобілі-самоскиді: 1 – екскаватор; 2 – автомобіль-самоскид

1-1



Продовження рисунка 4.51

Під час повздовжнього розроблення екскаватор переміщується по осі виїмки й відсипає ґрунт на два боки або на один. Під час відсипання у відвал на один бік, чітко простежується два радіуси вивантаження – початковий і кінцевий, які утворюють фронт вивантаження.

Укоси траншеї під час розроблення зв'язних ґрунтів можуть сягати вертикальних, однак найменша можлива ширина виїмки має дорівнювати ширині ковша зворотної лопати. Під час повздовжнього розроблення перетинів у зв'язних ґрунтах укоси виїмок набувають ступінчастої форми. Доопрацьовувати укоси в цьому разі досить складно, а якість укосів траншеї залежить насамперед від майстерності машиніста екскаватора, а вже потім від вимог виконавця робіт.

Найбільшу можливу ширину виїмки під час повздовжнього розроблення обирають залежно від конструктивно-технологічних характеристик екскаватора або від розміщення відвалів ґрунту. Якщо відбувається навантаження в транспорт із видаленням ґрунту з екскаватора, то ширина виїмки залежить тільки від кількості проходок екскаватора.

Для отримання рівнішої поверхні укосів і для влаштування траншей із малою шириною по дну застосовують спеціальні профільні ковші.

Технічні вимоги під час поперечного розроблення виїмки з навантаженням ґрунту в транспорт або під час роботи у відвал такі самі, як і під час повздовжнього розроблення, тільки в обох випадках передбачено принципові обмеження щодо руху в обраних напрямках: потрібно постійно рухатися або вздовж, або впоперек осі виїмки.

Якщо ґрунт необхідно вивезти, то труднощів щодо організації території будівництва не виникає, якщо ґрунт у відвал, то необхідно передбачити перспективи розвитку території будівельного об'єкта, враховуючи місце відвалу.

4.4.4 Технологічні особливості та сфера застосування робочого обладнання «драглайн»

Драглайни призначені здебільшого для розкривання й розроблення ґрунту шляхом відсипання у відвал, чому сприяє значна довжина стріли.

Розробляють ґрунт драглайном нижче рівня його розташування. Це дає змогу розробляти мокрі й водонасичені ґрунти без їхнього попереднього осушення або з-під води (рис. 4.52).



Рисунок 4.52 – Екскаватор з робочим обладнанням «драглайн»

У разі необхідності драглайни можна використовувати для розроблення ґрунту з навантаженням його в транспортні засоби, але це не настільки ефективно порівняно з екскаваторами, обладнаними іншими робочими пристроями. Гнучке підвішування ковша до стріли ускладнює точне установа ковша над кузовом, потребує високої кваліфікації машиніста та підвищеної обережності з його боку, що визначає продуктивність роботи драглайна.

Крім того, ґрунт із ковша драглайна вивантажують зазвичай із великої висоти, оскільки існує небезпека пошкодити ковшем кузов, а розміри ковша в перевернутому положенні значні, що погіршує роботу ходових і амортизаційних пристроїв (ресор) транспортних засобів і призводить до їхнього швидкого зношування.

Радіус різання драглайном залежить від довжини та кута нахилу стріли. За необхідності радіус різання можна дещо збільшити, закидаючи ковш шляхом підтягування та відпускання тягового каната або використовуючи відцентрову силу, що розвивається під час повороту екскаватора. До того ж підймальний трос має становити з вертикаллю, що проходить через головний блок, кут – $15...18^\circ$ (рис. 4.53).

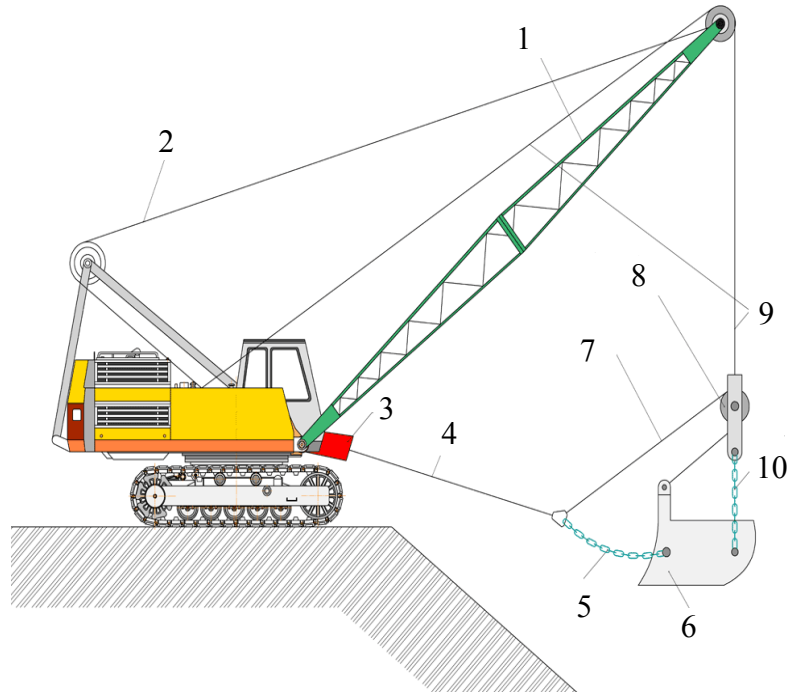


Рисунок 4.53 – Робоче обладнання й система приводу драглайна: 1 – стріла; 2 – стріловий канат; 3 – наведення каната; 4 – тяговий канат; 5 – тягові ланцюги; 6 – ківш; 7 – розвантажувальний канат; 8 – перекидний блок; 9 – підймальний канат; 10 – підймальні ланцюги

Глибина різання ґрунту драглайном залежить не тільки від довжини стріли й кута її нахилу, але й від розташування екскаватора відносно виїмки та різновиду ґрунту, що розробляється.

У разі виїмки збоку по ходу екскаватора, тобто під час так званому бічному проходженні драглайна, глибина різання обумовлюється крутизною внутрішнього й зовнішнього укосів забою, її можна досягти тільки за наявності певних технологічних параметрів розроблення.

Під час переміщення екскаватора по вісі виїмки глибина різання залежить тільки від крутизни внутрішнього укосу забою.

Найбільша висота вивантаження ґрунту визначається відстанню від рівня розміщення екскаватора до найнижчої точки гранично піднятого вгору (до головного блоку) який висить вільно.

Залежно від розмірів виїмки застосовують різні способи розроблення ґрунту драглайнами:

- повздовжнє (або торцеве);
- поперечне (або бічне).

Повздожнє (або торцеве) розроблення застосовують для утворення нешироких виїмок, коли радіус вивантаження екскаватора може перекривати відстань від вісі виїмки до зовнішньої далекої брівки кавальєри ґрунту, під час розроблення у відвал або для забезпечення ефективного вивантаження. Під час такого способу розроблення екскаватор переміщається уздовж осі, залишаючи після себе розроблювану виїмку (рис. 4.54).

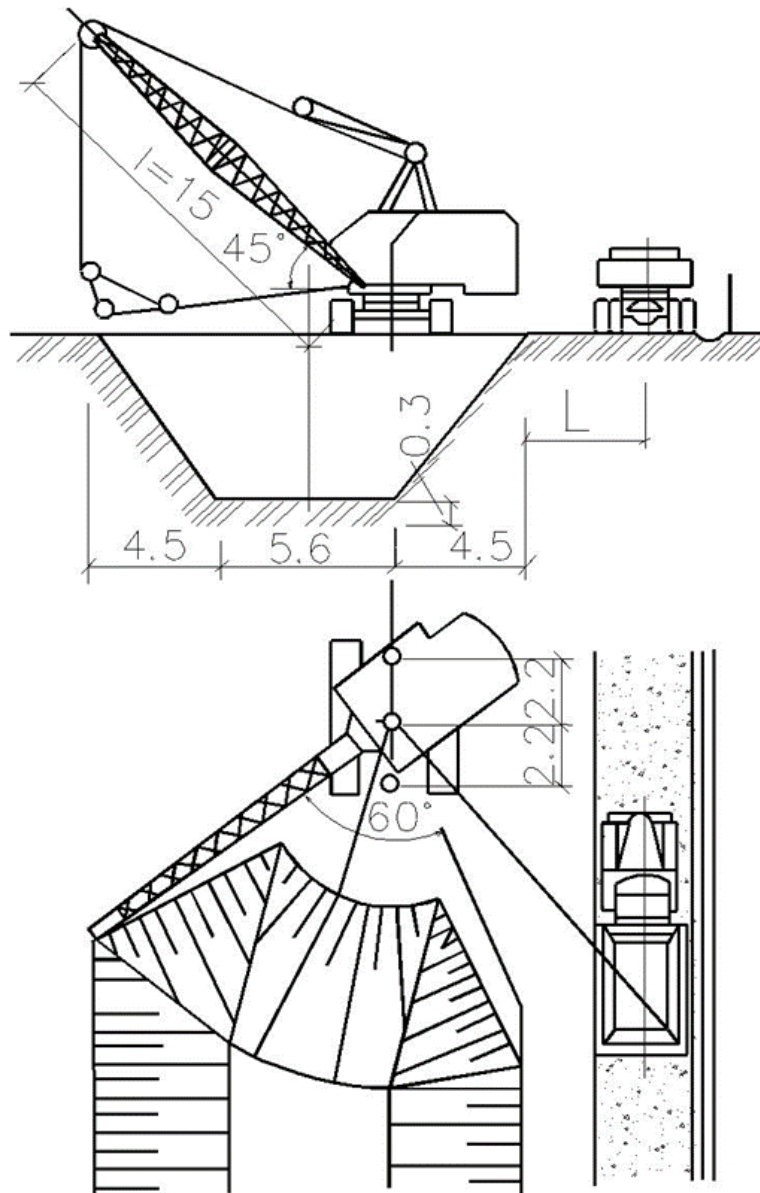


Рисунок 4.54 – Схема роботи драглайна під час торцевого проходження

Поперечне (бічне) розроблення застосовують за умови, що вся ширина смуги виїмки та кавальєри ґрунту або смуги руху транспорту може бути перекрита радіусом різання та радіусом вивантаження. Драглайн в цьому разі буде переміщатися по бермі збоку від виїмки, зачерпуючи ґрунт у поперечному напрямі відносно її осі. Обрис забою в плані залежить від обраного способу розроблення ґрунту. Під час повздожнього розроблення екскаватор

розміщується на осі виїмки та в процесі розроблення ґрунту переміщується вперед по ходу на наступне місце (рис. 4.55).

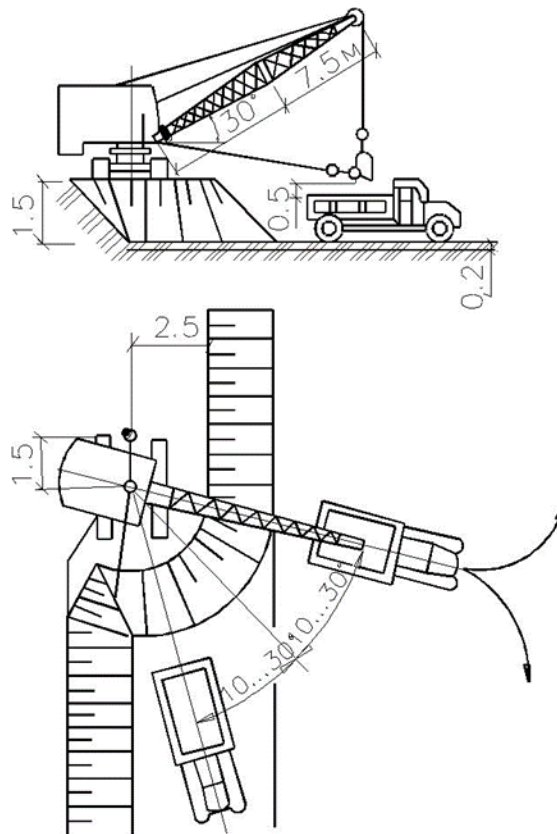


Рисунок 4.55 – Схема роботи драглайна під час поперечного (або бічного) проходження

Після закінчення розроблення ґрунту з першої позиції екскаватор пересувають на інше місце, з якого можна буде захопити весь неопрацьований ґрунт із внутрішнього боку укосу забою.

Під час повздовжнього розроблення величина кроку практично не може бути більшою, ніж половина довжини стріли екскаватора. У разі більшої величини кроку вздовж укосу виїмки, поблизу місця стояння екскаватора утворюються значні недобори. Досвід виконання робіт засвідчує, що величина кроку має дорівнювати половині довжини стріли екскаватора, отже, під час розроблення ґрунту з наступних положень зовнішній укіс забою не буде утворюватися.

Під час поперечного розроблення ґрунту драглайн зазвичай розміщується на бермі, між виїмкою та відвалом, але в деяких випадках його вісь може проходити як в смузі виїмки, так і у смузі відвалу.

З огляду на досвід будівництва котлованів драглайнами величину кроку екскаватора під час поперечного розроблення, приймають не більше ніж $1/3$ довжини стріли драглайна. В разі можлива поява значних недоборів уздовж укосу виїмки, які згодом будуть потребувати значних витрат на планування.

Середнє значення кута повороту екскаватора визначається за напрямом на центр ваги виїмки та напрямом на центр ваги відсіпання ґрунту з одного боку. Необхідно так організувати роботу, щоб ґрунт переміщався з тієї частини

виїмки, яка розташована ближче до екскаватора, в далеку частину відвалу, а з далекої частини виїмки – в ближчу частину відвалу. У такий спосіб досягається кут повороту екскаватора, близький до середнього.

Найекономічнішим буде розроблення ґрунту без додаткового перекидання й пересування, чого досягають, обираючи такий екскаватор, робочі параметри якого співпадають із розмірами перетину виїмки.

Розглянуті умови вибору робочих параметрів екскаваторів «драглайн» визначаються використанням граничних значень. Вони використовуються тільки на окремих ділянках, що мають граничні (найбільші або найменші) розміри поперечних перерізів виїмки.

Необхідно також орієнтуватися на радіус різання без закиду, оскільки під час роботи на занедбаних ділянках продуктивність знижується до 15 %. Загалом, виключаючи граничні стани роботи машин, можна домогтися набагато кращих показників.

Контрольні питання

1. За яким чинником вибирають спосіб комплексно-механізованого виконання земляних робіт?
2. Для яких робіт використовують бульдозери?
3. Які різновиди робіт виконують бульдозери загального призначення?
4. Для чого застосовують бульдозери-розпушувачі?
5. Чим визначаються головні робочі параметри та продуктивність бульдозера?
6. Наведіть схеми переміщення ґрунту бульдозерами.
7. У чому виражається продуктивність бульдозерів?
8. Наведіть класифікацію скреперів за способом завантаження (наповнення) ковша.
9. Як виштовхується ґрунт скреперами з примусовим розвантаженням?
10. В яких межах передбачається швидкість руху напівпричіпного та самохідних скреперів?
11. Від чого залежить товщина шару укладання ґрунту скрепером?
12. Що потрібно враховувати під час виконання робіт скреперами?
13. Якою має бути ширина проїзної частини в'їздів і з'їздів під час однобічного руху?
14. Під час виконання яких робіт використовуються екскаватори?
15. За якими параметрами класифікують екскаватори?
16. Перелічіть навісне обладнання одноківшевих екскаваторів.
17. З яких етапів складається робочий цикл одноківшевого екскаватора?
18. Якими способами можна розробляти ґрунт екскаваторами, обладнаними зворотними лопатами?

5 ДОПОМІЖНІ ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ ПЕРЕРОБЛЕННЯ ҐРУНТІВ

5.1 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. 5.1). Ґрунт із водою (пульпу) переміщують відкритими канавами або лотками, якщо ухил місцевості дає змогу транспортувати пульпу самопливом чи по відкритих трубах.



Рисунок 5.1 – Гідромеханічний спосіб виконання земляних робіт

Умовами застосування цього способу є такі: наявність достатньої кількості води, зосередженість робіт, хороша розмиваність ґрунту в забої та швидке віддавання води під час укладання, сприятливий рельєф, наявність джерел енергії (для розроблення й переміщення засобами гідромеханізації на 1 м^3 ґрунту потрібно $5 \dots 10$ кВт/год електроенергії). Ступінь насичення пульпи ґрунтом характеризується відношенням обсягу ґрунту до обсягу води в пульпі. Витрати на розмивання 1 м^3 ґрунту обумовлюється його зв'язаністю та щільністю й коливаються в межах $3 \dots 10 \text{ м}^3$.

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.

5.1.1 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. 5.2).

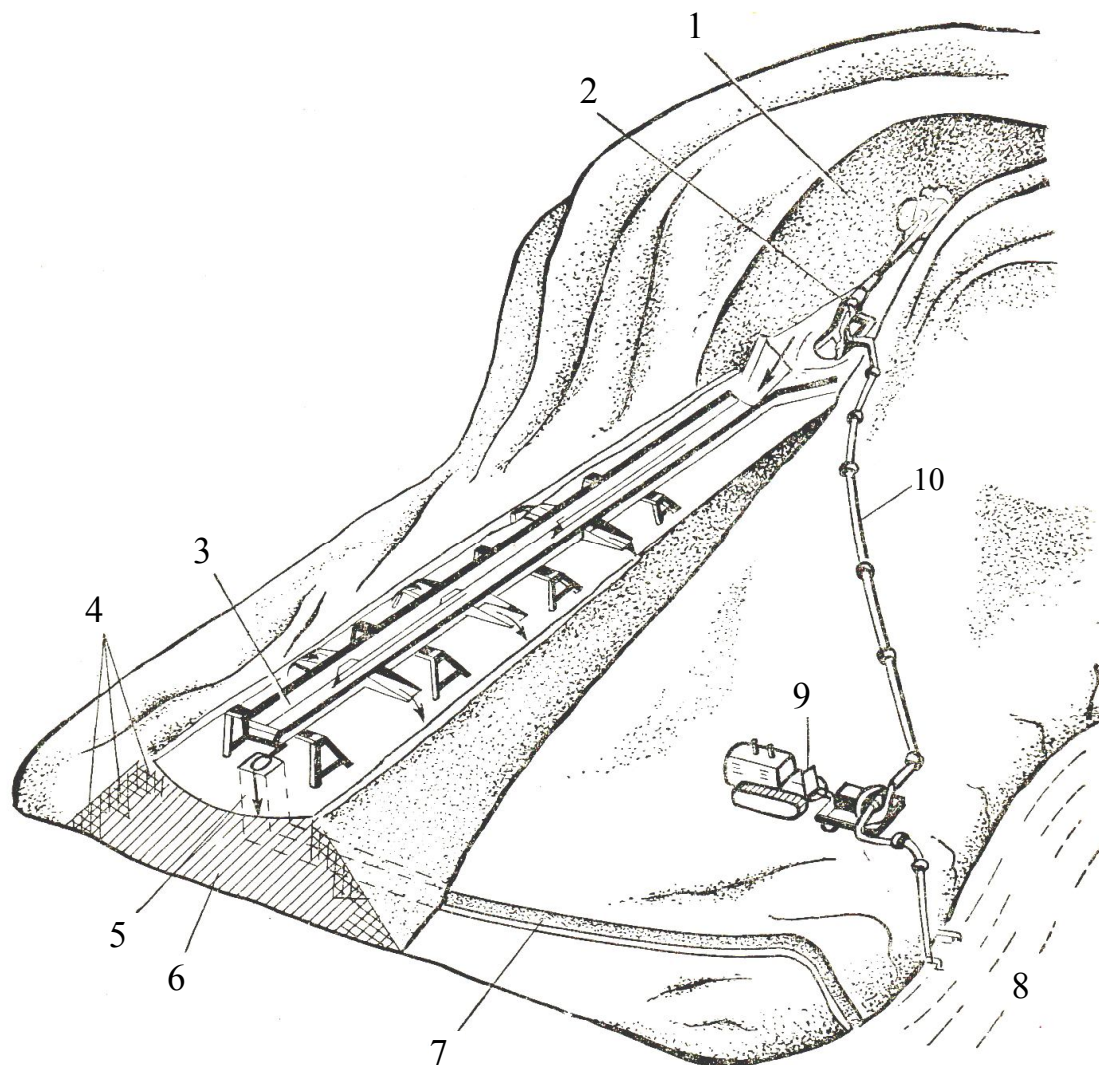


Рисунок 5.2 – Розроблення ґрунту за допомогою гідромонітора з транспортуванням гідросуміші самопливом по лотку: 1 – забій; 2 – гідромонітор; 3 – лоток; 4 – валики; 5 – дренажний колодязь; 6 – насип; 7 – скидна канава; 8 – водойма; 9 – насосна установка; 10 – напірна магістраль

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 (див. рис. 5.3). Ґрунт, розмитий гідромонітором, стікає в приямок, звідки пульпу засмоктує пересувна землесосна установка і подає по трубах на ділянку намиву.

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

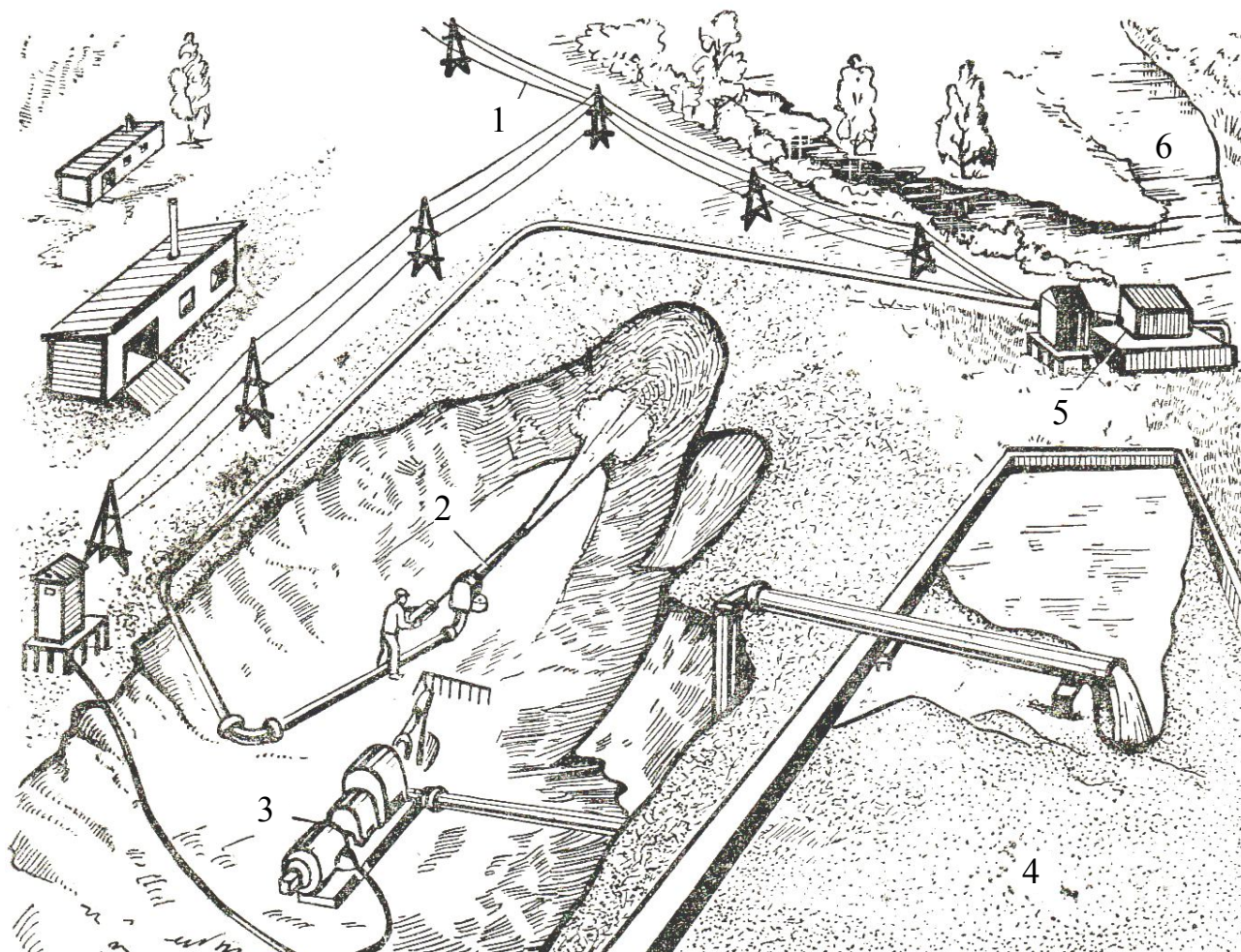


Рисунок 5.3 – Розроблення ґрунту гідромонітором із транспортуванням гідросуміші під напором по трубах: 1 – лінія електропередачі; 2 – гідромонітор; 3 – землесос; 4 – ділянка наміву; 5 – насосна; 6 – річка

4. *Розроблення ґрунту за допомогою гідромоніторів*. Для спрямування струменя води в потрібну точку забою гідромонітор обладнаний шарнірами, що забезпечують поворот стовбура гідромонітора в горизонтальній і вертикальній площинах. Сила удару струменя води об стінку забою збільшується зі збільшенням швидкості й маси води.

Гідромонітор скеровується за допомогою важеля, дефлектора або дистанційно. Малі гідромонітори, що працюють при малих тисках на змиванні і підгонці ґрунту, мають важільне керування (води́ло). Великі гідромонітори, діаметр колін яких понад 250 мм, скеровуються за допомогою спеціальної насадки-відхилення, так званого дефлектора, який прикріплюється на кінці стовбура гідромонітора. Достатньо повернути дефлектор на незначний кут ($5...6^\circ$), і під дією реакції струменя ствол гідромонітора повернеться в зворотному напрямі на деякий кут. Дефлектор повертають уручну металевою ручкою, жорстко з'єднаною з його корпусом.

На сьогодні створено гідромонітори з дистанційним керуванням (рис. 5.4), які дають змогу машиністу керувати декількома гідромоніторами та перебувати далеко від забою, а отже, в більш безпечному й сухому місці.

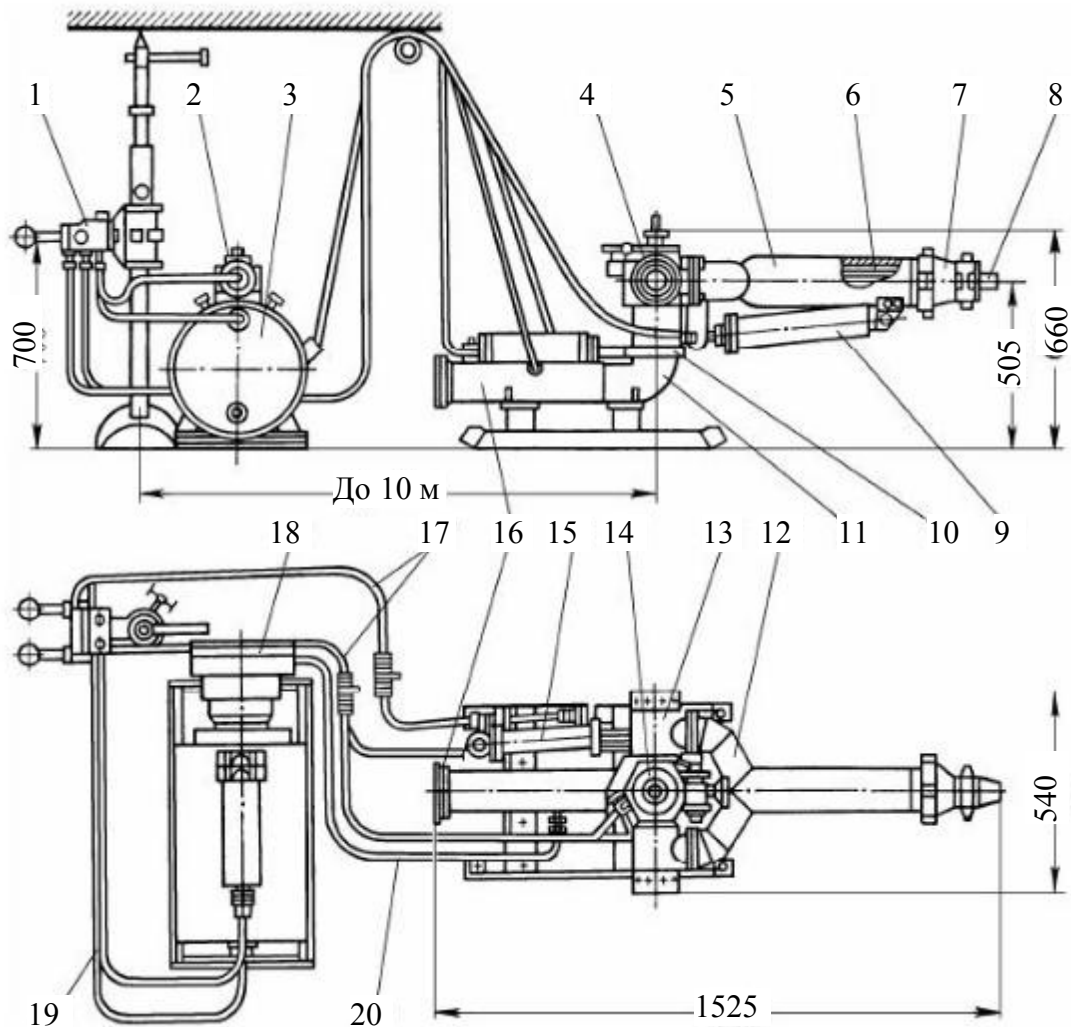


Рисунок 5.4 – Гідромонітор: 1 – пульт керування; 2 – маслостанція; 3 – бак для масла; 4 – порожні цапфи; 5 – ствол; 6 – мобільні заспокоювачі потоку; 7 – конус; 8 – змінні насадки; 9, 15 – гідравлічні домкрати; 10 – зубчастий сектор; 11 – труба, що підводить; 12 – обвідний канал; 13 – поворотна головка; 14 – головка з хрестовиною; 16 – підвідна труба; 17, 19, 20 – рукави; 18 – гідравлічна турбіна

Під час розроблення ґрунту за допомогою зустрічного забою гідромонітор встановлюють внизу (біля підошви) забою на відстані (за умовами охорони праці), що не менша за висоту забою в піщаних ґрунтах і півтори його висоти в щільних глинистих ґрунтах (див. рис. 5.5, а, в). Від забою пульпа стікає до напрямка землесоса під час транспортування під напором або до оголовка лотка під час транспортування самопливом.

Для розмивання ґрунту за допомогою попутного забою гідромонітор встановлюють на верхній брівці забою (див. рис. 5.5, б).

Під час розроблення ґрунту зустрічним забоєм 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.

Під час розроблення гідромоніторами щільних ґрунтів ширина забою має становити 18...25 м, а пухких – 25...30 м. Гідромонітором із одного положення розмивають доти, доки струмінь ефективно розмиває забій, після чого гідромонітор потрібно пересунути ближче до забою.

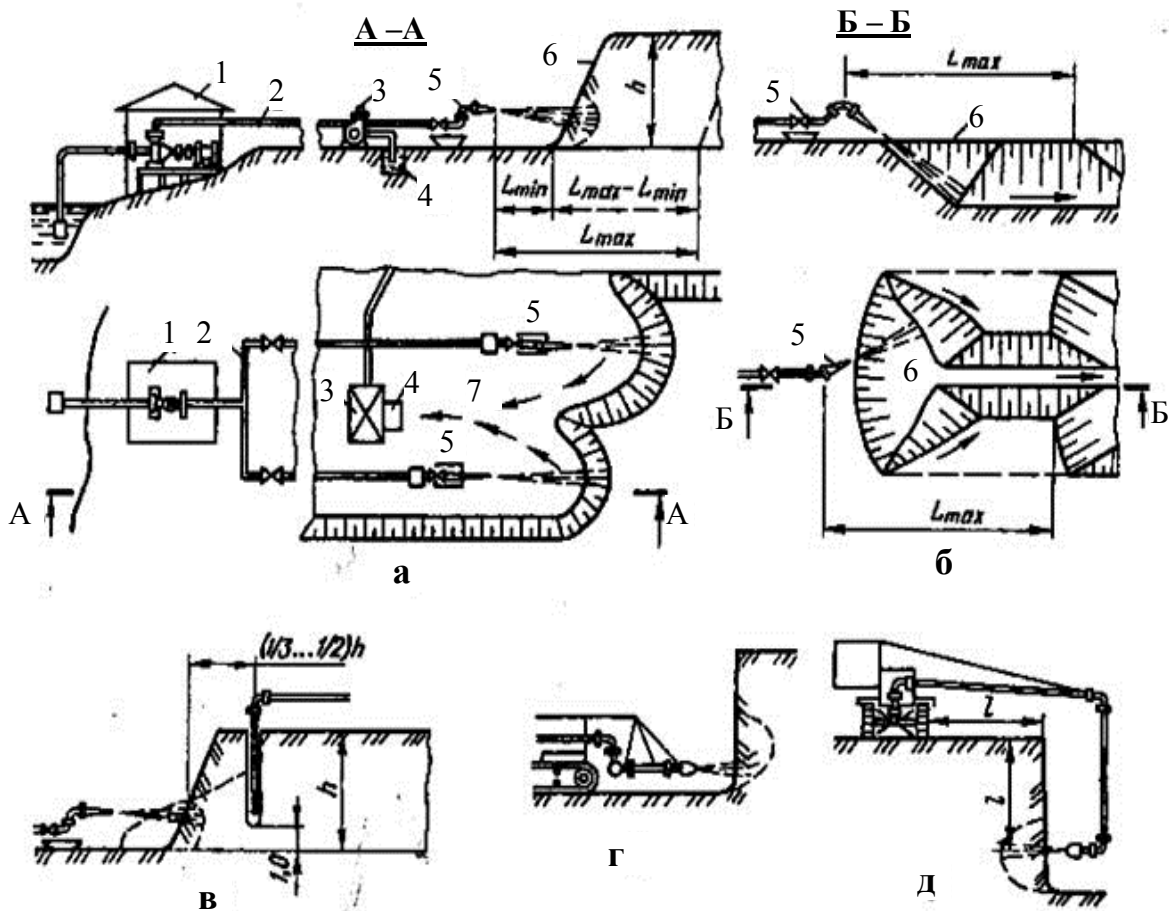


Рисунок 5.5 – Розроблення ґрунту гідромоніторними пристроями: а – зустрічним забоєм знизу вгору із транспортуванням пульпи землесосом; б – попутним забоєм зверху вниз; в – зустрічним забоєм знизу вгору із додатковим розмиванням через свердловину; г, д – гідромонітори ближнього бою на гусеничному ході; 1 – насосна станція; 2 – магістральний водовід; 3 – землесосна установка; 4 – колодязь (зумпф); 5 – гідромонітори; 6 – забій; 7 – канава для відведення пульпи

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.

На розмивання гідромонітором 1 м³ ґрунту витрачається 4...8 кВт/год електроенергії. Для зменшення питомої витрати та напору води ґрунт у вибої попередньо насичують водою, нагнітаючи її під напором 2...3 атм по трубках діаметром 12...19 мм. Трубки встановлюють на відстані 3...7 м від верхньої брівки та на відстані 3...5 м одна від одної. Попередньо ґрунт можна розпушувати також екскаватором або бульдозером, який подає ґрунт до гідромоніторів.

Для подавання води до гідромонітора біля джерела споруджують насосну станцію, яку здебільшого обладнують горизонтальними відцентровими насосами.

5.1.2 Розроблення ґрунту за допомогою землесосних снарядів

Землесосний снаряд (рис. 5.6), сприяючи наближенню всмоктувальної труби з розпушувачем до стінки забою, засмоктує ґрунт разом із водою, а отриману пульпу по трубах скеровує до місця намивання насипу.

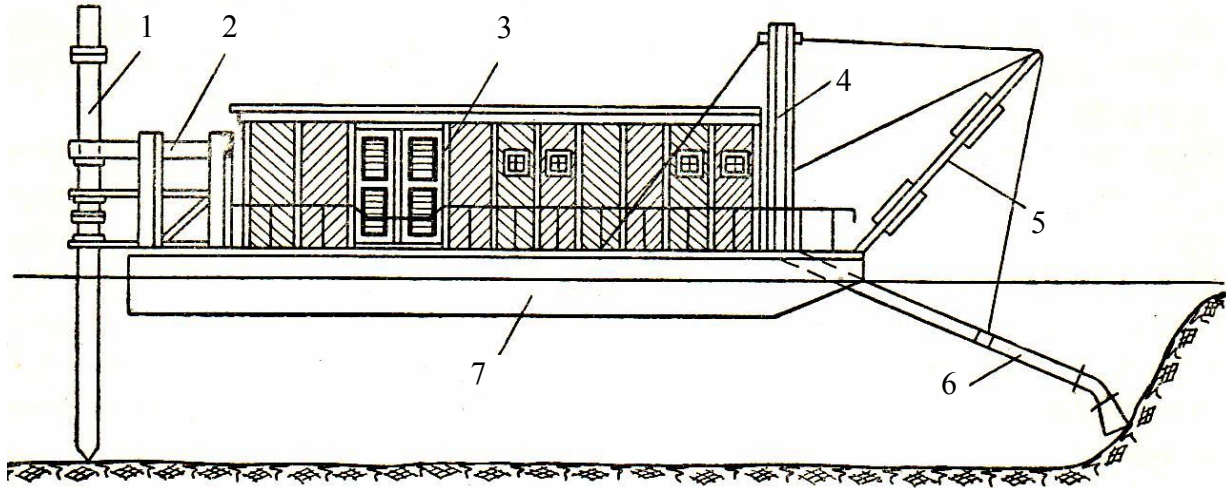


Рисунок 5.6 – Плавучий землесосний снаряд (вигляд збоку): 1 – палі; 2 – фундамент апарату; 3 – палубна надбудова; 4 – портална рама; 5 – стріла; 6 – усмоктувальна труба; 7 – металевий понтон

Для отримання пульпи потрібно забезпечити постійний контакт усмоктувального пристрою з поверхнею ґрунту, тому розробляти ґрунт потрібно, безперервно пересуваючи землесосний снаряд. Цей процес називають *папільонування*. Папільонування здійснюють за допомогою двох паль, 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. 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. Зазначена система пального ходу передбачає, що всмоктувальна труба деякий час рухається по утвореному отворі, а продуктивність землесосного снаряда по ґрунту в цей час близька до нуля. Тільки після припинення руху усмоктувальної труби досягають необхідної товщини розроблювального ґрунту.

Зазначені недоліки не спостерігаються під час напірного пального руху. Напрямні палі в цьому разі закріплюють на рухомому порталі, встановленому на візку, що пересувається в прорізи на кормі снаряда (на 2,5...3 м). Під час пересування візка назад щодо корпусу землесосного снаряда відстань між трубою і палею збільшується на величину подавання палі й під час папільонування розпушувач описує дугу більшого радіуса. За допомогою пального ходу такої конструкції можна задати будь-яку товщину зрізаного ґрунту. Після переходу візка в крайнє заднє положення папільонування припиняється, корма снаряда фіксується шляхом опускання другої прикільної палі.

Робоча паля піднімається лебідкою, а візок переганяється в переднє положення.

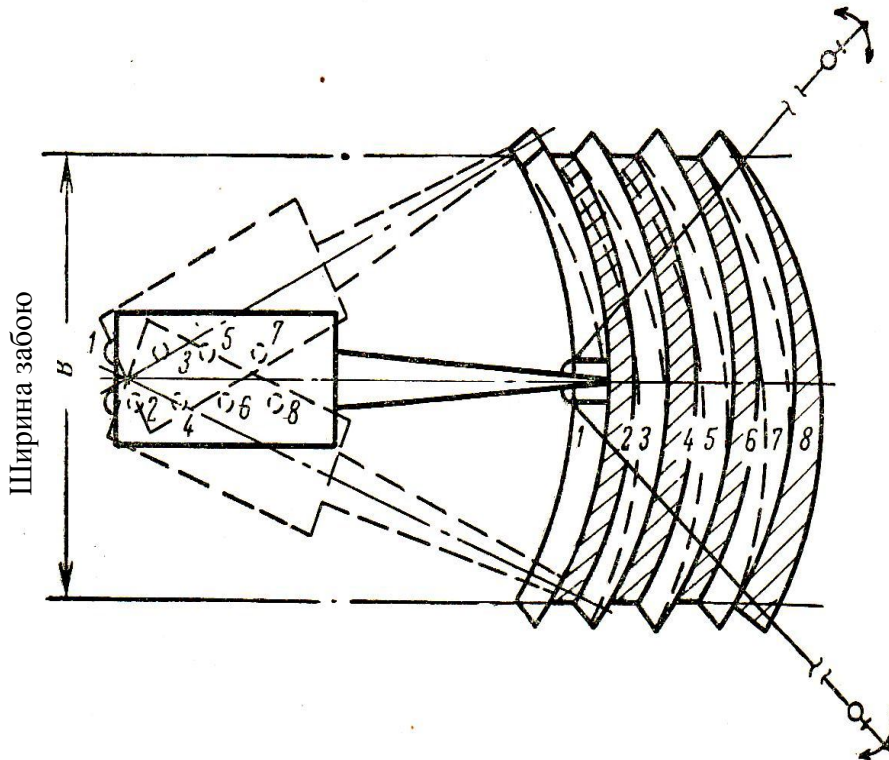


Рисунок 5.7 – Розроблення ґрунту плавким снарядом способом папільонування:
1, 2, 3 ... – положення плавкого снаряда

Потім робоча паля заглиблюється, прикільна піднімається і землесосний снаряд продовжує працювати. Переганяти візок потрібно в момент розташування снаряда вздовж осі виробки (див. рис. 5.7).

5.1.3 Гідравлічне транспортування ґрунту

Зі збільшенням швидкості рух потоку стає турбулентним, з'являються вертикальні струмені води, які підтримують частинки ґрунту в підвішеному стані. Що більша швидкість, то більші частинки перебувають у підвішеному стані. Наявність у потоці дрібних фракцій полегшує зважування більших частинок, а транспортувати густу пульпу вигідніше, якщо під час цього процесу не засмічуються пульповоди.

Зі зменшенням швидкості руху пульпи тверді частинки починають осідати на дно потоку. Середню швидкість пульпи, що відповідає початку осідання твердих частинок на дно, називають критичною.

Величина цієї швидкості, що залежить від пульповодів, складу ґрунту і консистенції пульпи, має надзвичайно важливе практичне значення, оскільки при швидкості нижче критичної можливе часткове або повне замулення каналів і лотків під час безнапірного або пульповодів під час напірного транспортування.

Недоцільно транспортувати пульпу зі швидкістю, що перевищує критичну, оскільки втрати напору, а отже, і потреби енергії на транспортування зростають пропорційно до квадрату збільшення швидкості.

Якщо ухил місцевості менший за необхідний для ґрунтових каналів, але

достатній для дерев'яних лотків, то влаштовують останні, укладаючи їх на ґрунт або (в разі необхідності) на легкі дерев'яні естакади. Дерев'яна обшивка лотків швидко стирається, тому доцільно їх оббивати металевими листами. Пульпопровідні канали потрібно влаштовувати тільки тоді, коли під час руху пульпи вони не будуть розмиватися.

Транспортування ґрунту під напором – найпоширеніший спосіб. Його завжди застосовують під час розроблення ґрунту землесосними снарядами (рис. 5.8) і дуже часто – гідромоніторами. Швидкість руху пульпи по трубах (для уникнення їхнього засмічення) повинна становити для пісків 2,0...2,5 м/с, для піщано-гравійної суміші – 3,0...4,0 м/с, а у разі наявності великого гравію – 6,0...8,0 м/с.



Рисунок 5.8 – Транспортування ґрунту землесосними снарядами

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

5.1.4 Укладання ґрунту в насип

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*. 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 м³ лісу на 1 тис. м³ ґрунту.

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

У процесі намівання 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. У безестакадному способі застосовують розтрубні труби, які легко нарощувати й демонтувати краном у процесі намівання. При безестакадному способі кількість робочих на ділянці наміву скорочується в 2...4 рази (рис. 5.9).



Рисунок 5.9 – Безестакадний спосіб намівання ґрунту

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 м³/год вона дорівнює 0,6...0,7 м під час нарощування розподільного пульпровода і 0,2...0,3 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. Застоявання води на площі карти може призвести до утворення глинястих лінз.

5.2 Розроблення ґрунту за допомогою буріння

У будівництві буріння використовують під час дослідження властивостей і якостей ґрунтів, визначення рівня ґрунтових вод, влаштування свердловин водопостачання й водозниження ґрунтових вод, виконання земляних робіт із застосуванням вибухових речовин, розроблення й дроблення твердих порід, влаштування пальових основ, штучного закріплення ґрунтів тощо. Для цього в земній корі споруджують вертикальні, похилі або горизонтальні циліндричні виробки з різними діаметрами й глибинами. Такі роботи називаються буровими.

Бурові виробки становлять шпури або свердловини.

Шпури – це циліндричні виробки з діаметром до 75 мм і до 5 м завглибшки. *Свердловини* – виробки глибші, їх діаметр перевищує 75 мм. Верхню частину шпуру або свердловини називають гирлом, нижню (дно виробки) – *забоєм*, бічні поверхні – *стінками*.

За особливостями утворення бурових виробок розрізняють буріння *суцільним забоєм* і *колонкове*. Під час буріння суцільним забоєм усю породу у свердловині руйнують і видаляють у зруйнованому вигляді. Під час колонкового буріння порода руйнується тільки по кільцевій поверхні забою, а внутрішню частину породи у вигляді циліндра (керна) витягують із свердловини повністю.

Зазвичай породу руйнують за допомогою механічного або фізичного буріння (рис. 5.10). Найпоширенішим фізичними способами буріння є термічний і гідравлічний.

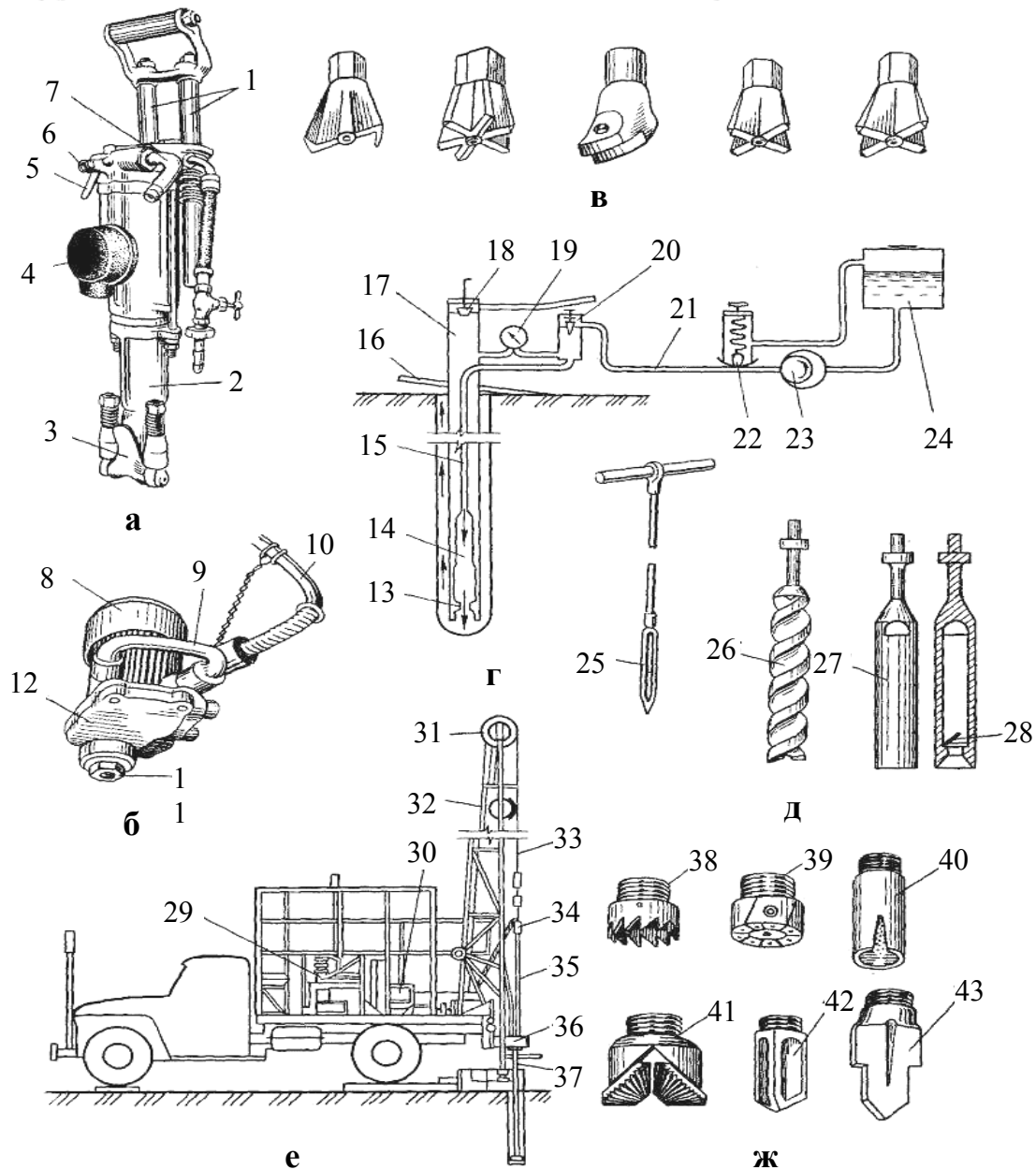


Рисунок 5.10 – Обладнання та інструмент для буріння шпурів і свердловин: а – бурильний молоток (перфоратор); б – ручне електросвердло; в – форми головок бура; г – схема ручного термобура; д – ручний бур; е – самохідне устаткування колонкового буріння; ж – робочі наконечники; 1 – рама; 2 – циліндр; 3 – буроутримувач; 4 – глушник; 5 – поворотний держак; 6 – повітряний шланг; 7 – патрубок; 8 – корпус; 9 – держак; 10 – електричний кабель; 11 – патрон; 12 – кришка; 13 – сопло; 14 – камера згоряння; 15 – паливна трубка; 16 – щиток; 17 – труба; 18 – повітряний кран; 19 – манометр; 20 – паливний кран; 21 – паливний шланг; 22 – редукторний клапан; 23 – паливний насос; 24 – паливний бак; 25 – ручний бур; 26 – свердло-змійовик; 27 – свердло-желонка; 28 – клапан; 29 – двигун; 30 – насос; 31 – блок; 32 – щогла; 33 – трос; 34 – вертлюг; 35 – штанга; 36 – ротор; 37 – бурильний снаряд; 38 – коронка, армована різцями з твердого сплаву; 39 – те саме, мілкими діамантами; 40 – дробильна коронка; 41 – шарошечне долото; 42 – хрестове долото; 43 – уступчасте долото

Технологічний процес *механічного буріння* складається з операцій руйнування породи, подавання її на поверхню, забезпечення стійкості стінок бурових виробок і допоміжних операцій. Грунт у забої руйнують шляхом різання, стирання, сколювання, ударами і комбіновано (стирання й удар).

Подрібнений грунт транспортують на поверхню, застосовуючи два методи: *гідравлічний*, який передбачає видалення ґрунту шляхом вимивання його водою, що спрямовується у виробку під тиском, і *сухим*, коли подрібнений грунт видаляють стиснутим повітрям або гвинтовим конвеєром.

Механічне буріння проводять трьома способами: *обертальним*, *ударним* і *вібраційним*.

У разі застосування *обертального способу буріння* грунт забою руйнують, обертаючи буровий інструмент, у разі *ударного способу* – завдаючи ударів по ґрунту буровим снарядом, у разі *вібраційного* – впливом коливань високої частоти (до 2 500 коливань за 1 хв).

У деяких випадках для більшої ефективності під час буріння застосовують комбіновані способи – *ударно-обертальний* або *вібраційно-обертальний*. Механічне буріння виконують за допомогою бурових верстатів і машин. Ручне буріння використовують тоді, коли обсяги робіт незначні, у м'яких ґрунтах із глибиною буріння не більше ніж 5 м.

5.2.1 Обертальний спосіб буріння

Цей спосіб характеризується високою продуктивністю (у 3...5 разів перевищує продуктивність ударного буріння), нижчою вартістю бурових робіт, можливістю бурити вертикальні, похилі й горизонтальні свердловини. У разі застосування обертального способу буріння порода забою стирається, її ріжуть або сколюють буровим інструментом, жорстко закріпленим на нижньому кінці штанги, що обертається.

Різновидами обертального способу буріння є *шнекове*, *колонкове* і *роторне*, які виконуються за допомогою самохідних установок або верстатів.

Шнекове буріння застосовують для свердловин із діаметром 110...125 мм до 30 м завглибшки в м'яких і мерзлих ґрунтах. Шнекові бурові верстати мають металеву раму, що складається з двох напрямних стояків, установлених на пересувній платформі або на полозах.

По напрямних стояках рами переміщується електродвигун із редуктором, у шпindelь якого вставлені робочі бурові штанги. Робочі штанги завдовжки 2 м становлять собою труби, на поверхні яких по гвинтовій лінії наварені сталеві смуги – реборди. Витягають штанги за допомогою ручної лебідки. З поглибленням свердловини штанги нарощують, поєднуючи їх між собою спеціальними патронами. Ланки закінчуються робочою частиною у вигляді долота або лопатевого різця, яка під час обертання штанг вривається в породу. Вибурена порода за допомогою гвинтового конвеєра подається на поверхню.

Колонкове буріння застосовують для проходження свердловин діаметром 45...130 мм до 200 м завглибшки. Колонкові установки або верстати обладнані лебідкою для підймання трубчастих штанг і механізмом для їхнього обертання.

На кінці штанги розміщена робоча частина – колонковий снаряд із кільцевою коронкою, армованою різцями з твердих сплавів або діамантами. Під час обертання бурового снаряда колонка під дією осьового тиску занурюється в породу, утворюючи кільцеву виробку породи навколо керна, що належить до колонкової труби. Після проходження на необхідну глибину бурові штанги разом із колонковим снарядом і керном піднімають лебідкою на поверхню (рис. 5.11).

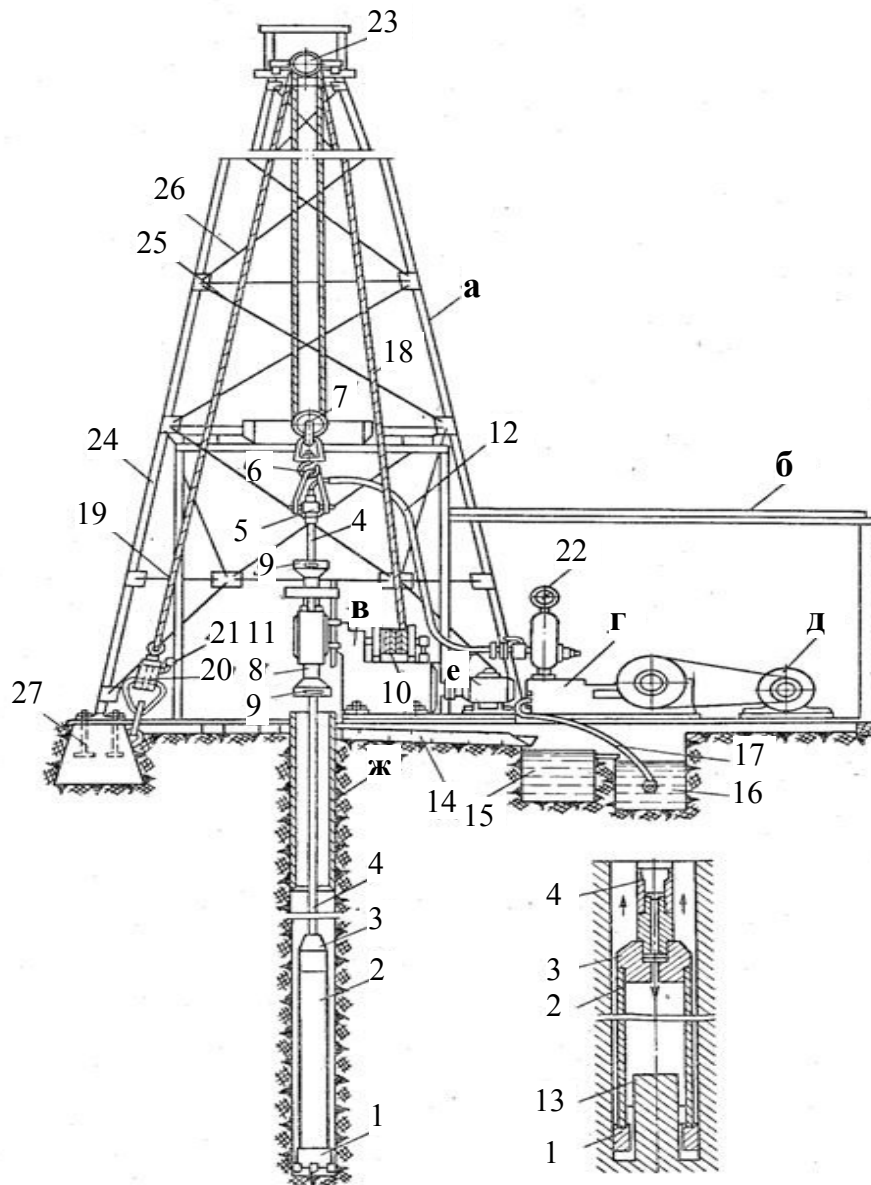


Рисунок 5.12 – Схема бурової установки колонкового буріння: а – копер (вишка); б – укіс; в – буровий станок; г – насос; д – електродвигун; е – двигун; ж – напрямна труба; 1 – коронка; 2 – колонкова труба; 3 – перехідник із колонкової труби на колону штанг; 4 – колона штанг; 5 – вертлюг-сальник; 6 – підймальний гак; 7 – талевий блок; 8 – шпindelь верстата; 9 – патрон; 10 – підймальна лебідка; 11 – регулятор подавання верстата; 12 – нагнітальний шланг; 13 – керна; 14 – відстійний жолоб; 15 – відстійний бак; 16 – приймальний бак; 17 – усмоктувальний рукав; 18 – талевий канат; 19 – нерухомий кінець канату; 20 – індикатор ваги; 21 – манометр індикатора ваги; 22 – манометр бурового насоса; 23 – верхня рама з кронблоком; 24 – ноги копра (вишки); 25 – пояси; 26 – розкоси копра; 27 – фундаментні тумби

У процесі буріння в забій свердловини через бурильні труби насосом подають глинястий розчин (або воду). Змішуючись із частинками зруйнованої породи, глинястий розчин виносить їх на поверхню по кільцевому простору між штангами й стінками свердловини. Глинястий розчин охолоджує бурильний інструмент і одночасно запобігає обваленню стінок свердловини.

Роторне буріння зазвичай використовують для влаштування свердловин зі значними діаметрами (300...400 мм) і глибиною (150...1 200 м). Роторна бурильна установка складається з обертача-ротора, збірної вишки й обладнання для промивання свердловини глинястим розчином (рис. 5.12).



Рисунок 5.12 – Установка для роторного буріння

Робоча (ведуча) труба проходить через вкладки круглого стола ротора, який призначений для передавання обертання від двигуна до бурильних труб, приєднаного до робочої труби. Розміри вкладок ротора співпадають із зовнішнім діаметром робочої труби, що забезпечує її одночасне обертання та переміщення вгору й униз. Нижній кінець бурильної труби зазвичай обладнаний буровими й лопатевими долотами, які розробляють ґрунт по всій площі вибою свердловини. Верхнім кінцем робоча труба з'єднується з вертлюгом, до нього приєднується рукав від насоса, що подає в бурильні труби глинястий розчин. Всю систему робочих і бурильних труб з вертлюгом підвішують до гака. Робочі й бурильні труби піднімають і опускають канатом, накрученим на барабан лебідки.

5.2.2 Ударний спосіб буріння

У разі застосування ударного способу буріння розроблення проводять суцільним забоем на повний переріз свердловин до 250 м завглибшки (із початковим діаметром 300 мм і кінцевим 150 мм). Суцільний забій

застосовують під час буріння свердловин для водопостачання, детального розвідування кам'яних матеріалів, інженерно-геологічних досліджень, під час заморожування ґрунту, влаштування набивних паль тощо.

Ударний спосіб буріння підрозділяють на *ударно-канатний*, *ударно-штанговий* і *ударно-обертальний*.

Під час *ударно-канатному буріння* буровий снаряд масою до 3 т падає з висоти понад 1 м у забій свердловини, розвиваючи значну силу удару. Верстат ударно-канатного буріння (рис. 5.13, а) працює в такий спосіб. Через блок опорної щогли бурильного верстата перекидають канат, що проходить під балансовим роликом і далі огинає направляючий ролик.

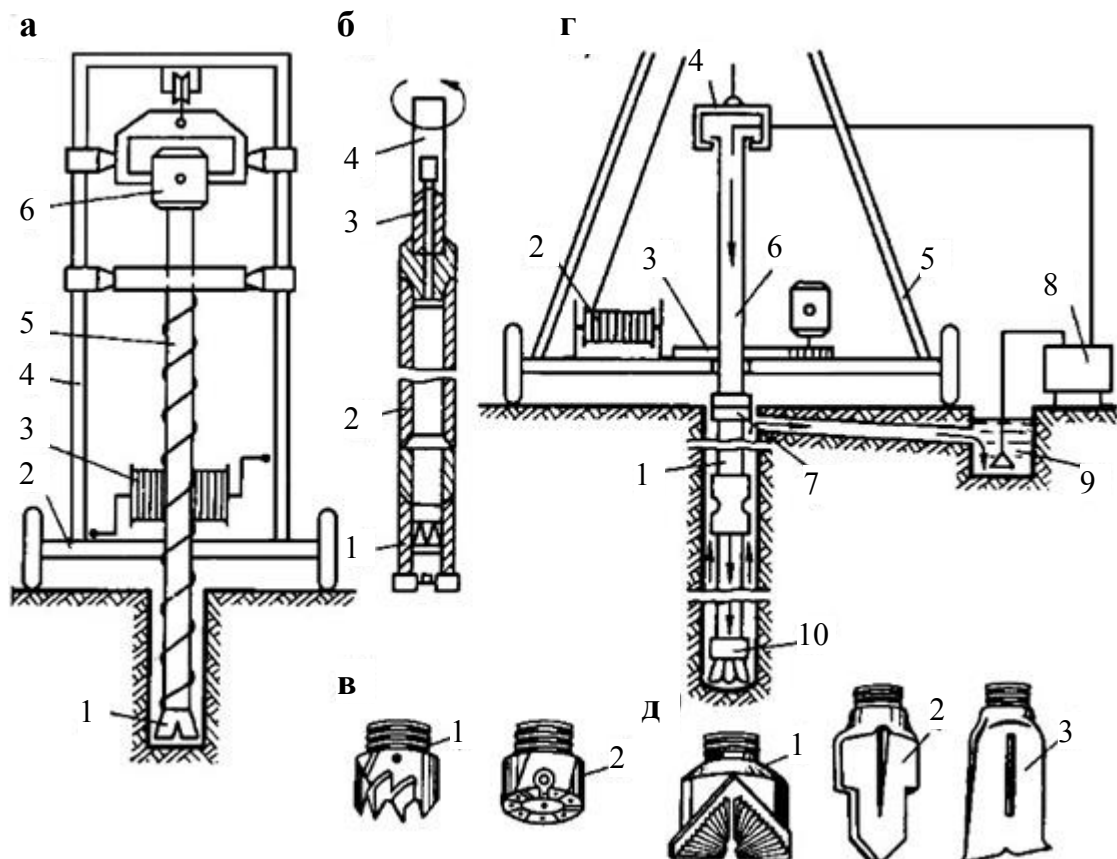


Рисунок 5.13 – Верстати й інструмент ударного буріння: а – схема верстата ударно-канатного буріння: 1 – блок; 2 – опорна щогла; 3 – балансовий ролик; 4 – напрямний ролик; 5 – лебідка; 6 – кривошипно-шатунна передача; 7 – канатний замок; 8 – ударна штанга; 9 – долото; б – верстат ударно-обертального буріння: 1 – пневматичний ударник; 2 – знепилювач; 3 – бурова штанга; 4 – рукав для повітря; 5 – електрокабель; 6 – обертач; 7 – лебідка; 8 – станина; 9 – протизага; в – схема пневматичного ударника: 1 – шлях стисненого повітря; 2 – циліндр; 3 – вихід повітря; 4 – повітророзподільний пристрій; 5 – стиснене повітря; 6 – поршень зі штоком; 7 – вихід стисненого повітря; 8 – коронка; г – різновиди бурових головок: 1 – однодолотчаста; 2 – дводолотчаста; 3 – хрестова; 4 – зірчаста

Канат закріплено на барабані лебідки. Балансовому ролику унаслідок використання кривошипно-шатунної передачі надається гойдальний рух, що призводить до періодичного піднімання та опускання бурового снаряда, який складається з ударної штанги, канатного замка й долота. Долото може бути плоским, двотавровим, хрестовим і округлим. Виготовляють його з легованої

сталі. Під час буріння в свердловину заливають воду, що утворить з тонкоподрібненою породою шлам, який періодично вичерпують порожнистим циліндром (желонкою) із клапаном на нижньому кінці. Продуктивність верстатів ударно-канатного буріння становить до 30 м за зміну.

Ударно-штангове буріння застосовують, коли необхідно забезпечити мінімальне вертикальне відхилення осі свердловини. Буровий снаряд опускають у свердловину на бурильних трубчастих штангах, з'єднаних між собою замками з конічною різьбою. Підвішують колони бурильних штанг за допомогою вертлюгів посиленої конструкції. Ударно-обертальне буріння застосовують для влаштування шпурів і свердловин у породах різної міцності.

За допомогою верстатів ударно-обертального буріння (див. рис. 5.13, б) проходять свердловини до 30 м завглибшки в дуже міцних породах. Особливістю цього способу є те, що обертання та ударну дію інструменту виконують двома незалежними механізмами-обертачами й пневматичним ударником. Пневматичний ударник (див. рис. 5.13, в) становить собою пневматичний молоток, у якому зворотно-поступальний поршень зі штоком, що рухається, завдає своїм бойком удари по хвостовику коронки. Коронка під час буріння може пересуватися уздовж осі пневматичного ударника на 20 мм. Стиснене повітря надходить до пневматичного ударника по бурових штангах. Під час роботи верстата обертач, що складається з електродвигуна й редуктора, приводить в обертання бурову штангу й пневматичний ударник та занурюється в ґрунт. Буровий пил, що виходить зі свердловини, вловлює знепилювач.

Перфоратори, застосовувані для буріння шпурів, можуть бути ручними з масою до 24 кг (при глибині шпуру до 3 м) і станковими масою до 40 кг. Вони забезпечують буріння шпурів до 5 м завглибшки. Повітря (2...4 м³/хв) до перфоратора підводиться від компресора. Робочий орган перфоратора – бурова головка (див. рис. 5.13, г). Під час буріння нетріщинуватих порід м'якої та середньої міцності застосовують головку з одним долотом, армовану твердими сплавами. Дводолотчастими головками бурять в'язкі та тріщинуваті породи. Головки хрестоподібної форми використовують для буріння порід середньої міцності з незначною тріщинуватістю, а також в'язких порід. Міцні та тріщинуваті породи бурять за допомогою хресто- й зіркоподібних головок.

Перфораторні молотки для очищення каналів від пилу й кам'яної дрібниці розподіляють на сухі та мокрі. Перфоратори мокрого типу мають спеціальні пристрої для промивання каналу водою, а в перфораторах сухого типу канал продувають повітрям.

Ефективнішим є мокре буріння, оскільки застосування для промивання каналу води знижує опірність породи й збільшує стійкість головки бура внаслідок її охолодження водою та зменшення тертя об стінки каналу.

5.2.3 Вібраційний спосіб буріння

Цим способом бурять шпури й свердловини із діаметром до 125 мм і до 25 м завглибшки у м'яких ґрунтах. У разі застосування вібраційного способу буріння ґрунт під дією вібрувального снаряда виділяє зв'язну рідину, а

частинки ґрунту в зоні контакту з вібрувальними наконечниками переходять у рухомий стан. Унаслідок цього різко знижується опірність ґрунту до зрушення й буровий інструмент занурюється в породу. Методи утворення каналів вібраційним бурінням ідентичні до віброзанурення паль і шпунта.

Швидкість вібробуріння досить висока. У суглинистих ґрунтах за декілька секунд можна пробурити шпур до 1 м завглибшки. Зі збільшенням глибини виробки вібрація бурового інструменту та швидкість проходження зменшуються, а на глибині 20...25 м проходка припиняється.

При всіх механічних способах буріння стінки свердловин укріплюють обсадними трубами з внутрішнім діаметром 50...200 мм. Колони обсадних труб, що складається з ланок завдовжки 1,5...4,5 м, опускають під час буріння починаючи з більшого діаметра. Зі збільшенням глибини свердловин переходять на менші діаметри. Елементи труб з'єднують муфтами, ніпелями або загвинчують одна з одною (труба в трубу). Внутрішній діаметр труб повинен бути на 5...10 мм більшим за діаметр бурового інструменту (рис. 5.14).



Рисунок 5.14 – Установка вібраційного буріння

На верху обсадних труб встановлюють патрубок, що захищає нарізку труб від ударів буровим обладнанням, а внизу – коронку (фрезер), що полегшує опускання колон обсадних труб.

5.2.4 Термічний спосіб буріння

Термічний спосіб буріння передбачає руйнування гірських порід високо-температурним джерелом тепла – відкритим полум'ям. Робочим органом верстата термічного буріння є термобур із вогнеструминним пальником, із якого з надзвуковою швидкістю на забій свердловини спрямовується газовий

струмінь із високою температурою. У камеру згоряння через форсунку подають суміш тонкорозпиленого гасу з газоподібним киснем. Утворені всередині камери газоподібні продукти згоряння з температурою до 2 000 °С під дією тиску всередині камери вилітають зі швидкістю близько 2 000 м/с через отвори в днищі пальника і діють на забій свердловини. За допомогою води пальник охолоджують і видаляють зі свердловини зруйновану породу (рис. 5.15, а).

Пересувні верстати термічного буріння на гусеничному й автомобільному ході, а також ручні термобури обладнані аналогічним пристроєм. Ручний термобур (рис. 5.15, б) становить собою металеву штангу-кожух із діаметром 30 мм, у якій є пальник із системою охолодження. Гас і газоподібний кисень надходять у пальник під тиском 0,7 МПа, а вода для охолодження – під тиском 1,3 МПа.

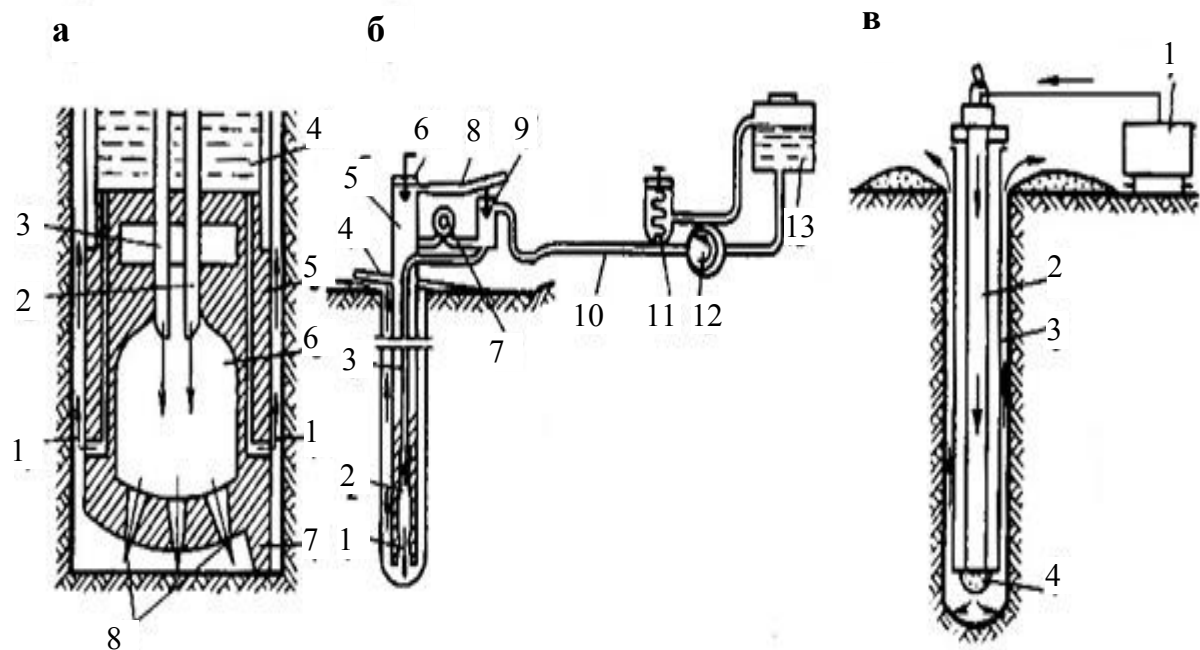


Рисунок 5.15 – Схеми способів фізичного буріння: а – схема пальника: 1 – вихід води; 2 – подавання кисню; 3 – подавання палива; 4 – вода; 5 – корпус пальника; 6 – камера згоряння; 7 – упор; 8 – вихід газових струменів; б – схема ручного термобура: 1 – насадка; 2 – камера згоряння; 3 – топливна трубка; 4 – щиток; 5 – штанги; 6 – повітряний кран; 7 – манометр; 8 – рукав для повітря; 9 – паливний кран; 10 – рукав для палива; 11 – редукційний клапан; 12 – паливний насос; 13 – паливний бак; в – схема гідравлічного буріння: 1 – насосна установка для подавання води; 2 – труба; 3 – обсадна труба; 4 – насадка

Пересувними верстатами термічного буріння можна бурити шпури й свердловини з діаметром до 130 мм до 8 м завглибшки, а ручними термобурами – шпури з діаметром 60 мм до 1,5...2 м завглибшки.

Різновидом термічного буріння є проходження шпурів за допомогою нагрітого стисненого повітря. Цим способом бурять шпури з діаметром 50...70 мм до 2 м завглибшки в мерзлих ґрунтах. Для буріння використовують установку, що складається з компресора, калорифера й повітрянагрівача. Із компресора стиснене повітря по рукавах подається в калорифер через вмонтовані в нього

повітряні трубки та підігрівальну коксову піч. Струмінь стисненого повітря, підігрітий у повітронагрівачі до 90 °С, по рукаву з перфорованим наконечником скеровується в ґрунт, відігріває його, розпушує та викидає зі свердловини.

Термічний спосіб буріння шпурів порівняно з механічним є ефективнішим, а продуктивність його в 10...20 разів більша під час буріння порід кристалічної структури.

5.2.5 Гідравлічний спосіб буріння

Цей спосіб (див. рис. 5.15, в) використовують для розроблення свердловин у легких суглинках і пливунах. Він передбачає нагнітання води в свердловину через колону труб і спеціальну струнку насадку, прикріплену до нижньої частини колони (рис. 5.16).



Рисунок 5.16 – Гідравлічна бурова установка

Вода розмиває забій, і труби занурюються в ґрунт. Гідромаса, утворена внаслідок розмивання ґрунту, під тиском води вичавлюється уздовж зовнішніх стінок обсадної труби, що витягається з ґрунту лебідкою. За допомогою гідравлічного буріння можна проходити свердловини до 8 м завглибшки зі швидкістю до 1 м/хв.

5.3 Розроблення ґрунту за допомогою вибуху

У будівництві вибухи застосовують під час розроблення скельних і мерзлих ґрунтів, влаштування земляних споруд (виїмки та насип) методом спрямованих вибухів і руйнувань, призначених для знесення будівель і споруд.

Для проведення підривних робіт використовують вибухові речовини та засоби підриву. Вибуховими речовинами (далі – ВР) називаються хімічні сполуки або механічні суміші, здатні під впливом зовнішнього імпульсу (удару,

іскри) до швидких хімічних перетворень. Енергія, що вивільняється внаслідок цього, здатна здійснювати механічну роботу. За швидкістю вибуху, його розташуванням та наслідками впливу на навколишнє середовище виокремлюють дві головні групи вибухових речовин: *метальні та бризантні*. У будівництві використовують в здебільшого бризантні ВР.

За агрегатним станом розрізняють *порошкоподібні, пресовані та литі* ВР.

До засобів підривання належать капсуль-детонатор, електродетонатор, вогнепровідний і детонувальний шнури, а також джерела й провідники електричного струму.

Капсуль-детонатор призначений для збудження детонації під час виконання вибухових робіт. Електродетонатор становить собою змонтовані в одній гільзі капсуль-детонатор і електрозапальник, який під час проходження струму запалюється та підриває детонатор (рис. 5.17).

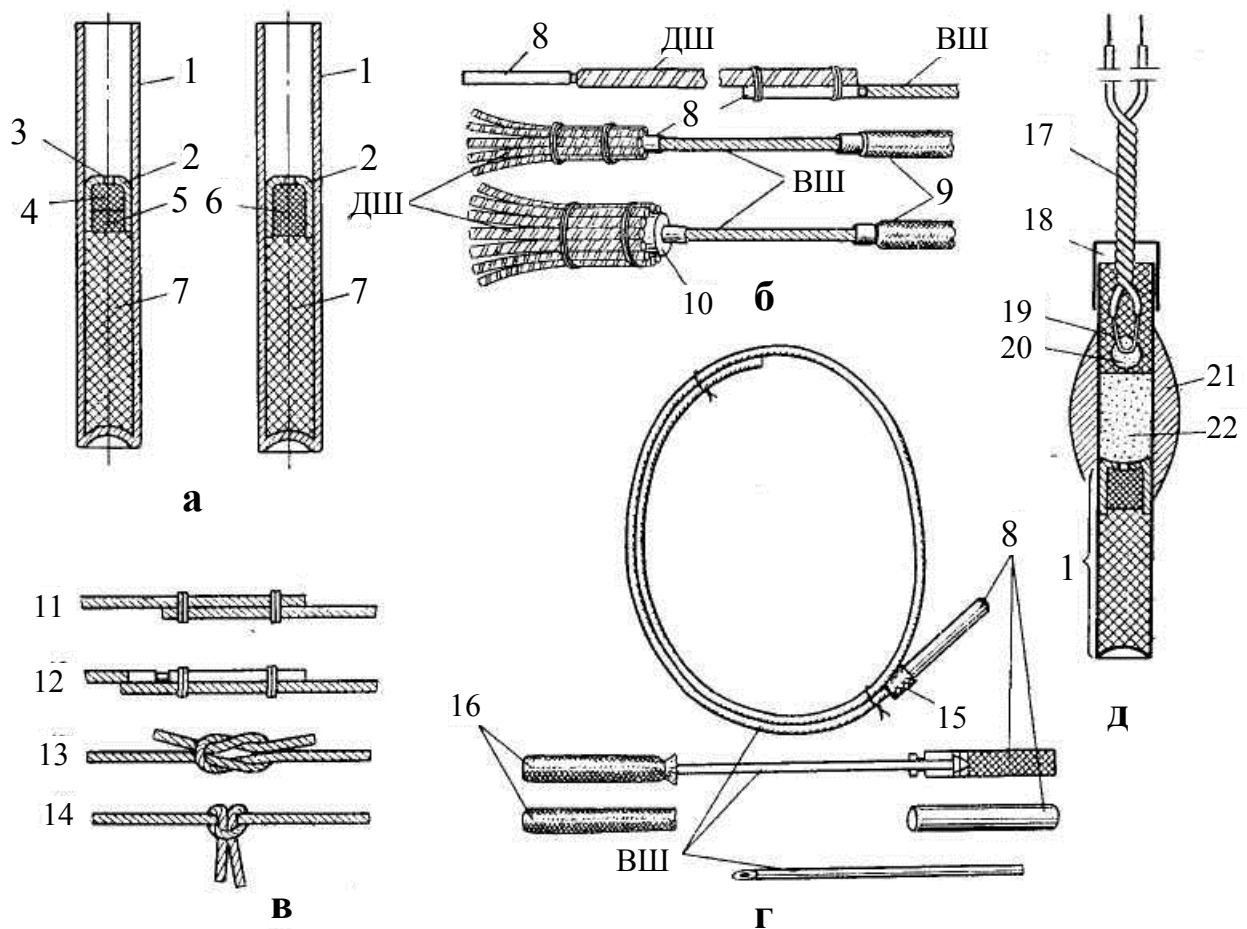


Рисунок 5.17 – Пристосування для вогневого та електричного способів вибуху: а – капсуль-детонатор; б – способи вибухання детонувального шнура; в – з’єднання детонувального шнура; г – запалювальна трубка, виготовлена на місці робіт; д – електродетонатор уповільненої дії; 1 – гільза; 2 – чашка; 3 – сітка; 4 – тринітрорезорцинат свинцю; 5 – оксид свинцю; 6 – гримуча ртуть; 7 – тетрил (або гексоген); 8 – капсуль-детонатор; 9 – гніт; 10 – бурова шашка; 11 – з’єднання внапуск; 12 – те саме, з капсулем-детонатором; 13 – те саме, прямим (морським) вузлом; 14 – те саме, подвійною петлею; 15 – ізолювальна стрічка; 16 – тліючий гніт; 17 – провід; 18 – пластикова пробка; 19 – платиново-іридієвий місток; 20 – запалювальний склад; 21 – мастика; 22 – сповільнювач вибуху; ВШ – вогневий шнур; ДШ – детонувальний шнур

Електродетонатори бувають миттєвої та сповільненої дії. Вогнетривкий шнур призначений для передавання до капсуля-детонатора пучка іскор. Детонувальний шнур слугує для передавання та збудження вибуху ВР, він передає детонацію фактично миттєво. Як джерело струму використовуються підривні машини, акумулятори; для передавання струму – саперний або електроосвітлювальний провід тощо.

Підривання зарядів ВР може здійснюватися вогневим, електричним способами й за допомогою детонувального шнура. За часом підривання окремих зарядів розрізняють *миттєве, короткоуповільнене* і *уповільнене* підривання.

Вогневий спосіб застосовується для висадження поодиноких зарядів або різночасного підривання групи зарядів. У разі вогневого способу підривання з капсуля-детонатора і вогнепровідного шнура виготовляється запальна трубка, яка в поєднанні з патроном ВР утворює патрон-бойовик. Патрон-бойовик вводиться в заряд ВР і підриває його під час займання запальної трубки.

Електричний спосіб застосовується під час підривання великої серії зарядів на значній відстані одночасно або з необхідним уповільненням. Для цього використовуються сповільнювачі підривання і різні з'єднання електричних ланцюгів.

Підривання за допомогою детонувального шнура здійснюється без введення капсуля-детонатора в заряд ВР.

З'єднання вибухових ланцюгів може бути *послідовним, паралельним* і *змішаним* (рис. 5.18).

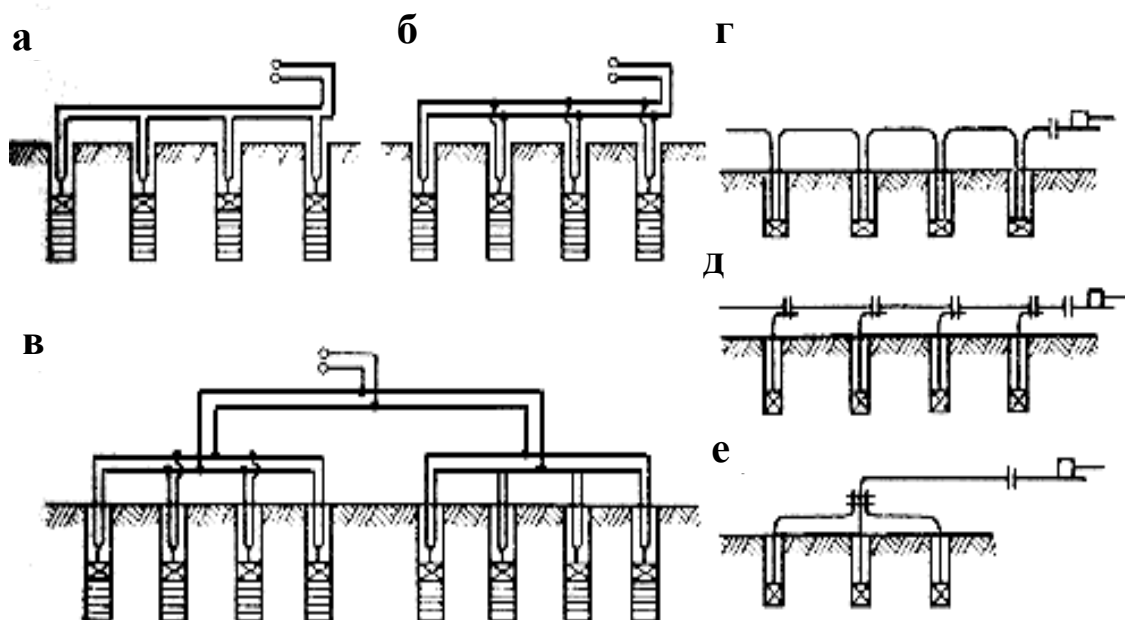


Рисунок 5.18 – Схеми вибухових мереж: а – послідовне з'єднання під час електричного способу підривання; б – паралельне з'єднання; в – змішане; г, д, е – те саме, під час підривань із використанням детонувального шнура

За місцем закладання заряди можуть бути *зовнішніми*, що розташовуються на поверхні заряду чи об'єкта, і *внутрішніми*, що розташовуються у

виробках (шпурах, свердловинах, камерах, рукавах). Залежно від форми заряди поділяються на *зосереджені, подовжені і фігурні*. За дією, що чиниться на навколишнє середовище, розрізняються заряди *викиду, розпушування і камуфлету*.

Кількість вибухової речовини в заряді визначається шляхом проведення розрахунків і залежить від призначення вибуху.

Метод шпурових зарядів застосовується у відкритих і підземних розробках. Сутність його полягає в тому, що подовжені заряди розміщуються й вибухають у шпурах. Заряд ВР не повинен становити понад 2/3 його довжини. Верхня частина шпура заповнюється шляхом забивання спочатку піщано-глинястою сумішшю, а потім піском або буровою дрібницею.

Метод свердловинних зарядів відрізняється від методу шпурових зарядів тільки тим, що заряди розміщуються в свердловинах.

Підривання поодиноких шпурових і свердловинних зарядів проводиться вогневим способом, групових зарядів – електричним способом.

За необхідності влаштування нешироких траншей у зимовий період застосовується метод розпушування мерзлого ґрунту щілинними зарядами ВР.

Продуктивність праці під час щілинного методу розпушування мерзлих ґрунтів порівняно зі шпуровим методом зростає в 4...5 разів. Щілинні заряди застосовуються під час розпушування ґрунтів на великих площах.

5.4 Розроблення ґрунту безтраншейним методом

На сьогодні відомо безліч способів проходження горизонтальних тунелів і колекторів різного призначення, зокрема для безтраншейного прокладення трубопроводів. Розроблено, виготовлено й експлуатується багато прохідницьких пристроїв різної конструкції.

Під час будівництва великих тунелів (із діаметром понад 2 м) проходку виконують щитовим способом. Проходку тунелів і колекторів із діаметром менше ніж 2 м, особливо при малій довжині, здійснюють за допомогою різноманітних за конструкцією та принципом дії установок.

Усі відомі способи проходки можна розділити на три групи:

– *проколювання*, тобто проходження шляхом вдавлювання та радіального ущільнення ґрунту в стінки утворювальної свердловини без його видалення;

– *продавлювання*, тобто проходження шляхом вдавлювання в ґрунт порожнистого забійного елемента з подальшим розробленням ґрунтового керна, що надходить усередину, і його видалення;

– *горизонтальне буріння*, тобто проходження з попереднім розробленням ґрунту перед наконечником.

Розрізняють декілька методів розроблення ґрунту в забої:

– *ущільнення* (зминання й вдавнення статично та динамічно прикладеної до осі напірною силою);

– *буріння* (різання, сколювання, зминання, стирання обертовим інструментом);

– *екскавація* (копання ковшем поперечної дії);

- *видування* (руйнування струменями газу);
- *вимивання* (руйнування струменями води);
- *керноутворення* (комбінація ущільнення або буріння з відбором внутрішньої неруйнівної частини ґрунту);
- *вибух* (комбінований спосіб, що полягає в розробленні свердловини, заповненні її зарядом ВР і його вибуху, що спричиняє ущільнення, вдавнення ґрунту в стінки свердловини).

Спеціальні способи використовують здебільшого під час безтраншейного проходження під автодорогами, трамвайними шляхами або іншими перешкодами.

5.4.1 Метод проколювання

Проколи підрозділяються на *статичні*, *вібраційні* й *віброударні*. Ці методи передбачають проходження як безпосередньо трубою-патроном, так і забійними прохідницькими пристроями – щитами.

Під статичним проколом розуміють прокол ґрунтового масиву трубою-патроном, забезпеченою на забійному кінці глухим конусним наконечником, за допомогою статично прикладеного навантаження (рис. 5.19).

Під час вібраційного проколу на трубу-патрон, окрім статичної напірної сили, діє знакозмінна збурювальна сила вібратора, а під час ударного проколу – сила удару молота об трубу-патрон.

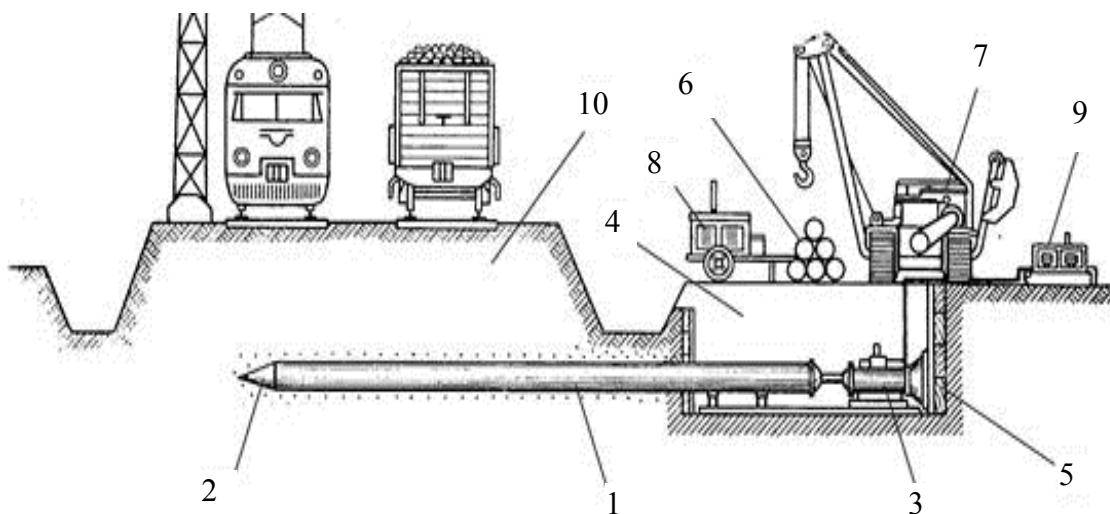


Рисунок 5.19 – Схема прокладання труб під насипом залізниці способом статичного проколу:

- 1 – гідронасос домкрата; 2 – автокран; 3 – труби; 4 – зварювальний агрегат;
- 5 – гідродомкрат; 6 – приймальний котлован; 7 – робочий котлован; 8 – напрямні;
- 9 – проколювальна труба; 10 – залізничний насип

Метод проколювання використовується тільки в стиснутих ґрунтах. Найсприятливішими серед яких є глини, суглинки, пухкі супесі. У піщаних ґрунтах унаслідок незначної стискуваності проколювання ускладнено – потрібні значні натискні зусилля. Довжина проходки становить до 50 м. Опір ґрунту до проколу можна умовно розподілити на два складники – *чоловий* і *бічний*.

Чоловий опір – це опір ґрунту щодо занурення в нього конусного наконечника. Величина цього опору залежить від стану ґрунту, близькості вільної поверхні (денної), форми й матеріалу наконечника і величини напірної сили.

Бічний опір – це опір ґрунту під час його взаємодії з бічною поверхнею тіла. Він постійно зростає та наприкінці проходження досягає максимуму.

Знизити сили опору ґрунту щодо проколювання можна декількома способами:

- зменшити бічний опір ґрунту, перешкоджаючи обтисканню зовнішньої поверхні труби по всій її довжині;
- змастити поверхню занурюваної труби та наконечника;
- зволожити й розм'якшити прилеглий ґрунт;
- використовувати проходку меншої свердловини та надалі її розширити;
- надати занурювальному тілу (трубі) такого прискорення, яке б забезпечило його зривання й вільне переміщення.

У разі застосування першого способу діаметр забійного наконечника має бути дещо більшим за діаметр труби, що призводить до утворення проміжку між трубою та стінками свердловини (20...50 мм) (рис. 5.20). Щоб запобігти викривленню труби і втраті її повздовжньої стійкості (труба-патрон), її обладнують спеціальними напрямними хомутами, рівномірно розташованими по її довжині.



Рисунок 5.20 – Проколювання ґрунту

Передавати притискні зусилля від домкратів під час проколювання можна за допомогою хомутів, що складаються з двох роз'ємних половинок, які стягуються на трубі болтами. Для передавання тиску через хомути застосовують два домкрати, штоки яких упираються в кінці хомута. Недоліком

цієї конструкції є великі витрати часу на переміщення хомутів. Переданий від домкратів трубі через хомути тиск становить 30...50 м.

Метод *віброударного проколу* полягає в проходженні горизонтальних свердловин шляхом радіального ущільнення ґрунту конусним наконечником під дією віброімпульсів, що подаються йому вібромолотом горизонтальної дії.

Використовують три схеми виконання робіт:

– проходження горизонтальної свердловини з одночасним прокладенням труби-патрона за допомогою ударного механізму, закріпленого на її зовнішньому кінці;

– розроблення горизонтальної свердловини прохідницьким пристроєм (кротом) і прокладення в ній труби;

– проходження горизонтальної свердловини забійним прохідницьким пристроєм, зцентрованим і напрямлюваним трубою-патроном із передаванням осьового напірного навантаження через цю трубу.

5.4.2 Метод продавлювання

Метод продавлювання передбачає проходження шляхом вдавлювання в ґрунт порожнистого забійного елемента (це може бути порожня труба, елементи у вигляді кілець або прямокутних секцій) із подальшим розробленням, надходженням усередину ґрунтового керна і його подальшим видаленням.

Методи продавлювання розподіляють на *статичні*, *вібраційні* і *віброударні*. Проходження методом продавлювання легко здійснюється в м'яких ґрунтах, надзвичайно ускладнене в глинястих і неможливе у великоуламкових та скельних ґрунтах. Методи продавлювання доцільно застосовувати під час проходження труб із діаметром 630 мм і більше.

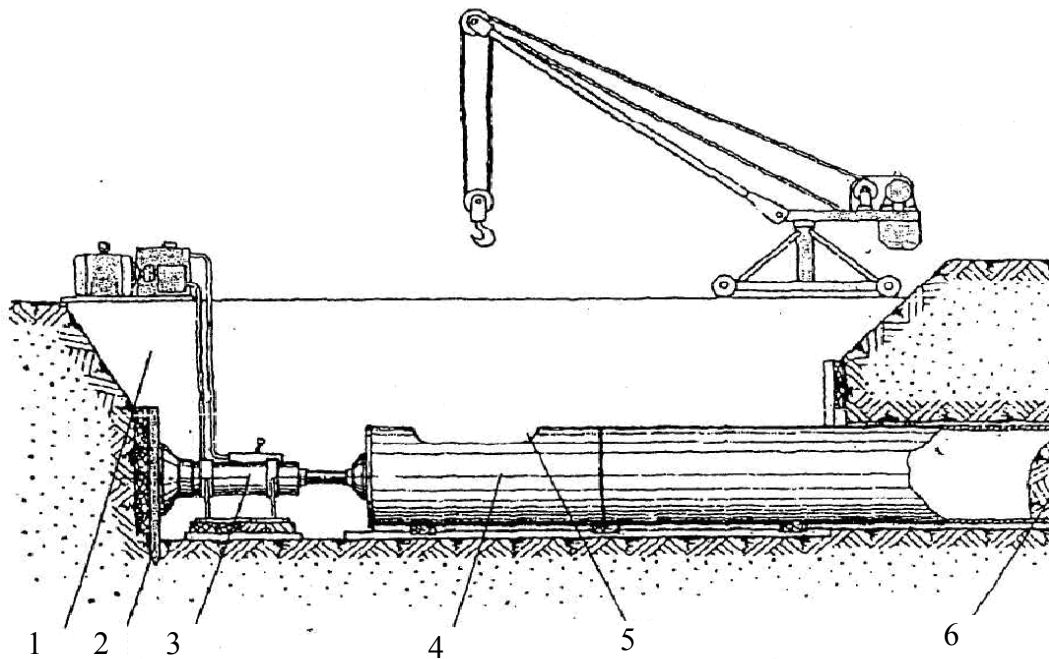


Рисунок 5.21 – Схема прокладання труб методом статичного продавлювання:
1 – робочий котлован; 2 – упорна стінка; 3 – гідродомкрат; 4 – продавлювальна труба;
5 – вікно для виймання керна; 6 – kern

Метод статичного продавлювання передбачає прокладання труб відкритим кінцем за допомогою статично прикладеної від гідравлічного домкрата напірної сили. Під дією цієї сили труба-патрон або кільце врізається в ґрунтовий масив забійним кільцем, облаштованим кільцевим наконечником. Ґрунт надходить усередину труби (див. рис. 5.21).

Ґрунт у трубі ущільнюється в процесі просування кільця. Просування керна ґрунту припиняється, коли забійний кінець забивається щільною ґрунтовою пробкою. Необхідно вийняти ґрунт і продовжити продавлювання. Ґрунт виймають уручну або за допомогою спеціальних механізмів. Максимальна довжина ґрунтового керна становить 2 м, а напірна сила перевищує 300 кН. Особливістю вібраційного методу продавлювання на відміну від статичного є додаткове сполучення труби, що прокладається, повздовжніх або обертальних коливань, створюваних вібратором, жорстко з'єднаним із зовнішнім кінцем (рис. 5.22).



Рисунок 5.22 – Прокладання труб методом статичного продавлювання

Робочі органи розроблення ґрунту в установках статичного продавлювання можуть становити собою різцеві головки або екскаваторні ковші з гідроприводом. Перші монтують у забійній частині труби патрона із будь-яким діаметром, а другі – із діаметром не менше ніж 1 000...2 000 мм.

Проходження ручним розробленням і видаленням ґрунту застосовують в разі крайньої потреби. При цьому діаметр труби патрона повинен становити не менше ніж 1 000...2 000 мм. Для проходження труб із діаметром менше ніж 1 000...2 000 мм доцільно використовувати різцеву головку, з'єднавши із

стрічковим транспортером або ківшевыми живильниками. Перевагу надають живильникам у вигляді порожнистих циліндрів із відкритим переднім торцем.

Ківшевий живильник канатом подається до забійного кінця, занурюється в ґрунт за допомогою вібромолота, забирає найбільшу частину ґрунту і канатом витягується на поверхню. Під дією вібромолота ґрунт через вікна в живильнику відсипається на поверхню. Після спорожнення живильника цикл повторюється, тобто знову вмикають вібромолот установки, переміщуючи її вперед і набираючи нову порцію ґрунтового керна, який потім знову висипають у траншею та витягають на поверхню. Процес триває до виходу забійного кільця труби-патрубка в приймальний котлован. У трубу-патрон протягують трубопровід частинами за допомогою лебідки.

5.4.3 Метод горизонтального буріння

Метод горизонтального буріння або метод проходження з попереднім розробленням ґрунту (рис. 5.23) використовують тільки в зв'язних ґрунтах, оскільки існує небезпека утворення непередбачених порожнин під насипом із подальшим осіданням дорожнього полотна.

Найчастіше застосовують метод горизонтального буріння, розробляючи ґрунт різцевою головкою, діаметр якої більший за діаметр труби-кожуха, і видаляючи ґрунт шнековим транспортером або желонкою ківшевого типу. Довжина проходки сягає 60 м.



Рисунок 5.23 – Горизонтальне буріння ґрунту

Для горизонтального проходження використовують установки, які забезпечуються набором змінного обладнання для прокладання захисних кожухів у вигляді труб-кожухів із діаметрами 327...377 мм, 426...630 мм і

820...1 420 мм. Трубу-кожух прокладають, поступово нарощуючи ланки труб до 6 м завдовжки.

Горизонтально-похиле буріння (далі – ГПБ) – спеціальна техніка безтраншейного буріння свердловин із нахилом понад два градуси. Здебільшого це чудова альтернатива викопуванню траншей або єдино можливий спосіб провести трубу чи іншу інженерну комунікацію з точки А в точку Б. У густозаселених районах або в точках перетину (труби проходять під автомобільною трасою або залізничними коліями, є точками перетину декількох магістралей) ГПБ є ідеальним рішенням.

Одна з принципів переваг ГПБ – відсутність відкритих земляних робіт. У наслідок цього ландшафт і наземні комунікації зберігаються в початковому вигляді. Горизонтальне буріння забезпечує незмінюваність всіх штучних та природних особливостей рельєфу. Отже, ГПБ – найекологічніший спосіб прокладання інженерних мереж та комунікацій (рис. 5.24). Похиле горизонтальне буріння потребує спеціальної підготовки. Необхідно заздалегідь скласти карту маршруту, щоб бур не зруйнував наявні комунікації.



Рисунок 5.24 – Горизонтально-похиле буріння

Під час розроблення маршруту необхідно з'ясувати розташування кожної можливої перешкоди, вивчити тип ґрунту. З огляду на сукупність усіх факторів обирається найраціональніший шлях. Довжина свердловини може становити до 300 м. Щоб полегшити роботу обладнання, через кожні 70 м майбутньої траси необхідно заздалегідь передбачити розвантажувальні колодязі, через які на поверхню буде викачуватися пульпа. Ґрунт із рідиною потрібно качати спеціальними помпами.

Потім потрібно облаштувати майданчик під ГПБ-машину. Для цього вибирається ділянка на самому початку передбачуваної траси, яка розрівнюється, після чого ущільнюється ґрунт і підводиться освітлення. До

початку робіт на майданчику необхідно підготувати всі допоміжні матеріали, штанги, бентоніт.

Спочатку ГПБ-машина пробиває пілотну свердловину, яка становить собою міні-тунель діаметром до 10 см. Первинний кут введення дорівнює 10...20°, проте потім бурова головка відповідно до проекту виходить на горизонтальну площину. Напрямок руху бури можна змінювати в процесі роботи на будь-який необхідний. Через спеціальні отвори в буровій лопатці в свердловину надходить бентонітова рідина, що розм'якшує ґрунт і слугує мастилом для бурильної головки, штанги і трубопроводу, для якого призначена свердловина. Крім цього, бентонітова рідина перешкоджає просіданню ґрунту і виконує роль додаткової ізоляції.

Коли головка бури досягає кінцевої точки, оператор тимчасово відмикає обладнання. Якщо діаметр пілотної свердловини достатній для прокладання комунікацій, то до штангів кріпиться труба й за допомогою зворотної тяги заводиться в свердловину. Якщо необхідно утворити отвір більшого діаметра, то оператор розпочинає розширення свердловини.

Головку з лопатками необхідно змінити на ример (розширювальний шнек), під дією якого за допомогою зворотної тяги діаметр свердловини трохи збільшиться. Може знадобитися декілька підходів: перше розширення збільшить діаметр отвору до 250 мм, друге – до 400, третє – до 550. Можна розширити свердловину й до метра – для цього є спеціалізовані потужні ГПБ-машини.

Після останнього розширення оператор втягує в свердловину трубу. Процес буріння можна вважати закінченим. Залишилося демонтувати ГПБ-установку й приховати колодязі.

Горизонтальне шнекове буріння (далі – ГШБ) – це безтраншейний спосіб буріння, що використовується в обмежених умовах без можливості застосування відкритого способу прокладання свердловини. Цей метод широко використовується в різних галузях промисловості та в цивільному будівництві.

Шнекове буріння трубопроводів широко використовується в наш час, адже цей спосіб забезпечує швидке та якісне виконання всієї роботи без зайвих витрат. Саме установки для горизонтального шнекового буріння дають змогу виконати складні роботи з прокладання свердловин у міських та інших обмежених умовах, до того ж одночасно видаляється порода й продавлюється футляр, який стабілізує свердловину та запобігає її обвалюванню.

Особливістю подібних установок є наявність шнека, що становить собою сталеве осердя зі стрижнем і сталеву стрічкою, навареною на осердя під кутом 35...60° (див. рис. 5.25). У процесі роботи зруйновані породи виводяться на поверхню за допомогою шнека (по суті, це модернізований гвинт Архімеда).

Переваги горизонтального шнекового буріння: збереження поверхневого ґрунту, навколишнього середовища та інфраструктури; швидке оброблення ґрунту; створення каналів різного діаметра та довжини; створення високо-стабільної свердловини; запобігання просідання ґрунту; можливість працювати з різними породами, навіть насипними та з металевими відходами (крім скель), за будь-яких погодних умов; мінімальні фінансові витрати.

Технологія горизонтального шнекового буріння відрізняється від інших типів буріння за методом видалення обробленої породи, яка виводиться з каналу не рідкими речовинами, а гвинтовою поверхнею шнека. До того ж, це однозначно призводить до зміцнювання поверхні свердловини.



Рисунок 5.25 – Горизонтальне шнекове буріння

У процесі буріння використовується шнекове долото, що має спіральні та плоскі леза. Після установа пристою та початку бурових робіт шнек обертається з поступальним зусиллям і поступово розм'якшує ґрунт. Порода в процесі руйнування виводиться назовні й видаляється механічно.

Бурошнекове буріння належить до швидкісних типів буріння, тому існує велика кількість мобільних установок, що дають змогу працювати навіть у найневигідніших умовах.

Етапи буріння:

- підготування майданчика й геодезичне обстеження: дослідження ґрунту, його характеристик і параметрів;

- розроблення робочого й приймального котловану. До всіх котлованів висовуються однакові вимоги щодо безпеки. Матеріали для обладнання котлованів, можуть використовуватися багаторазово. Параметри котловану обумовлюються проектом;

- складання та встановлення обладнання. Спочатку встановлюють рами бурової установки, при цьому вісь рами повинна збігатися з віссю буріння. Для різних умов використовується установка ГШБ певного типу, моделі й конструкції;

- буріння свердловини.

Горизонтальне шнекове буріння передбачає використання *керованого* і *некерованого* методів. Некерований метод буріння полягає в одночасному утворенні котловану й продавлюванні опорної труби: спочатку готують трубу, усередині неї монтують шнеки з буровою голівкою, встановлюють рами, шнеки з'єднують із пресом і виставляють рівень буріння.

Керований метод буріння – це утворення свердловини в два або три етапи. Перший етап – пілотне буріння (буріння з використанням дистанційного контролю для регулювання рівня й кута буріння). Другий етап – розширення пілотного котловану з одночасним протягуванням опорної труби (розширювальний щабель з'єднують з пілотною штангою, монтують шнеки й сталеву трубу та продовжують буріння в обраному напрямі). Третій етап застосовується в разі необхідності поступово розширювати пілотну свердловину (спочатку розширюють канал із інструментами проміжного діаметра, потім збільшують свердловину на робочий діаметр).

Під час буріння завжди використовуючи бурову суміш. Гідравлічне шнекове буріння оберігає свердловину від обвалювання, охолоджує бурові голівки, очищує канал від уламків інструментів, знижує опір ґрунту.

5.4.4 Щитовий метод

Конструкції та обладнання щитів. Прохідницький щит становить рухливе кріплення, під прикриттям якого розробляють ґрунт і зводять постійний захист. Щити відрізняються один від одного формою та розмірами поперечного перерізу, несучою здатністю, за способом розроблення ґрунту й кріплення чола забою. Форми поперечного перерізу щитів дуже різняться: кругла, прямокутна, склепінчаста, трапецеїдальна, еліптична.

Найпоширеніша форма щита – кругла. Для проходження двосмугових автотранспортних тунелів застосовують щити діаметром 10...10,5 м і масою 250...300 т.

За способом розроблення ґрунту розрізняють *немеханізовані* й *механізовані* щити. У першому разі ґрунт розробляють уручну або ручним механізованим інструментом. У другому – усі операції щодо розроблення й прибирання ґрунту повністю механізовані та виконуються за допомогою спеціальних робочих органів і механізмів.

Круговий прохідницький щит становить собою сталевий циліндр, що складається з ножового кільця, опорного кільця й хвостової оболонки.

Ножове кільце підрізає ґрунт по контуру виробки й захищає людей, що працюють у забої. Для робі у м'яких ґрунтах використовують ножове кільце, що має розширену верхню частину – аванбек, а в слабких ґрунтах – запобіжний козирок, який може бути нерухомим або висувним (див. рис. 5.26).

Опорне та ножове кільце є базовою несучою конструкцією щита. По периметру опорного кільця рівномірно розташовуються щитові домкрати, які використовують для просування агрегату. Якщо діаметр щита становить близько 10 м, встановлюють 30...36 щитових домкратів.

Хвостова оболонка закріплює контур виробки в місці зведення чергового кільця оброблення. Горизонтальні й вертикальні перегородки забезпечують необхідну жорсткість конструкції щита і поділяють забій на робочі чарунки, у яких розробляється ґрунт. На горизонтальних майданчиках встановлюються висувні платформи, які переміщуються по напрямних зусиллями платформних домкратів, змонтованих під площадками.

Для утримання елементів верхнього кріплення передбачено забійні домкрати, які закріплюють на вертикальних перегородках і опорному кільці щита.

Конструкцію ножової та опорної частин щита збирають із литих або зварних сталевих елементів ребристого перетину, з'єднаних болтами подібно до тубінгів тунельних обробок. Хвостову частину виконують із окремих сталевих листів. Оболонки щитів великих діаметрів виготовляють багатошаровими й закріплюють на опорному та ножовому кільцях.

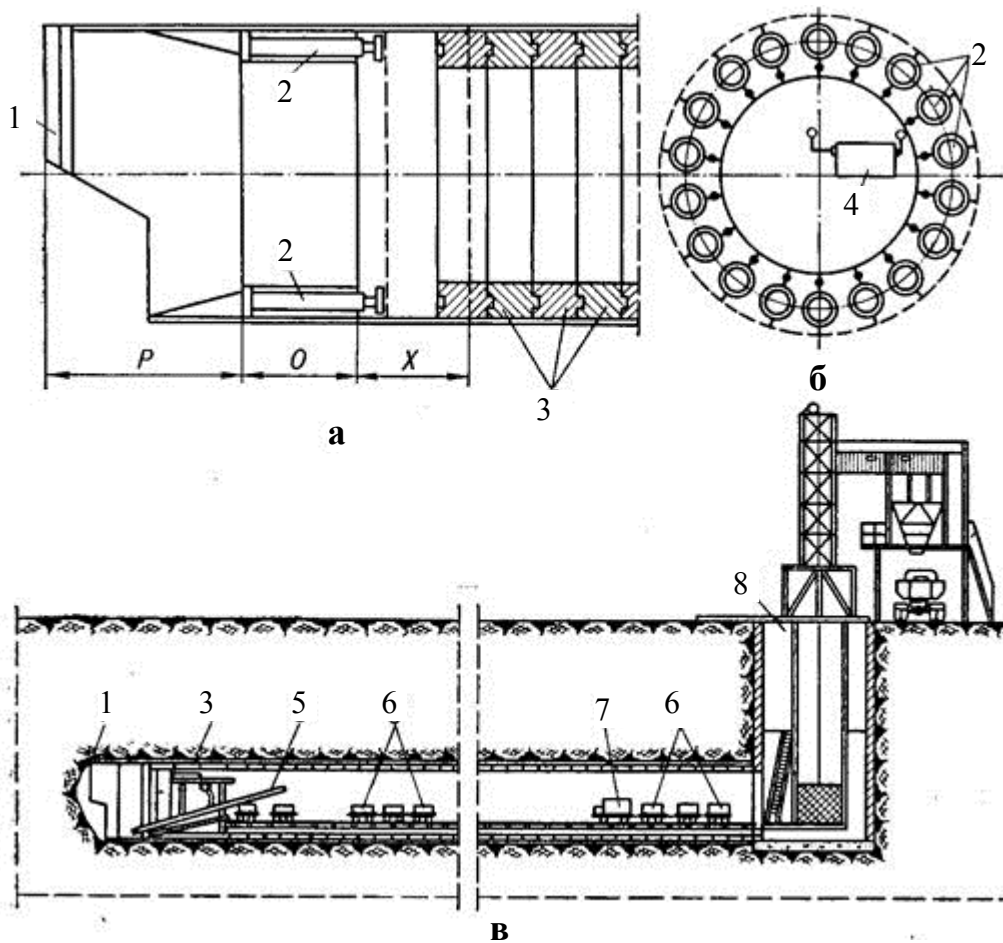


Рисунок 5.26 – Щитова проходка: а – схема щита; б – розміщення домкратів; в – схема щитової проходки; 1 – ніж; 2 – гідродомкрати; 3 – збірне кріплення (тубінги); 4 – золотниковий перемикач; 5 – стрічковий скребковий конвеєр; 6 – вагонетки; 7 – мотовоз; 8 – шахта

Горизонтальні й вертикальні перегородки виготовляють із багатошарових пакетів сталевих листів, посилюючи їх куточками або швелерами. Щитові гідравлічні домкрати розвивають зусилля до 2 000...2 500 кН кожен, живляться від мережі високого тиску (20...30 МПа). Забійні та платформні домкрати із

зусиллям 40...50 кН живляться від мережі середнього тиску (3,5...5 МПа). Гідравлічні насоси, а також необхідну пускорегулювальну апаратуру для контролю за рухом рідини в мережі й переміщенням щита встановлюють на горизонтальних майданчиках у межах опорного кільця.

Висоту ярусів між горизонтальними перегородками визначають у межах 1,7...2,0 м, а відстані між вертикальними перегородками – 1,2...1,9 м. Необхідні зусилля щитових домкратів встановлюють за умовою подолання всіх опорів під час пересування щита.

Механізовані щити обладнані виконавчим робочим органом, за допомогою якого розробляють ґрунт, а в деяких випадках вони забезпечують кріплення чола забою, а також ґрунтозабірною пристроєм для видалення ґрунту за межі щита. Застосовувані в нашій країні немеханізовані щити призначені для проходок і виробок малих і середніх розмірів (до 2 м), механізовані щити – діаметром до 5,5...6,0 м.

Для проходження тунелів у шаруватих і змішаних ґрунтах використовують механічні щити зі стрілоподібними робочими органами. У піщаних ґрунтах раціонально застосовувати щити з екскаваторними робочими органами. У них розміщуються один або декілька телескопічних, чи шарнірних ковшів. Ґрунт можна розробляти й під час попереднього розпушування шляхом гідро- або пневмовидалення.

Для проходження в нестійких водонасичених ґрунтах використовують механізовані щити з привибійною кесонною камерою, у яку під тиском подають стиснене повітря. Ґрунт розробляють за допомогою виконавчого органом, висуваючи його за межі кесонної камери. Для уникнення потрапляння в забій води застосовують щити з призабійною камерою, заповненою під тиском бетонною суспензією. Призабійну зону відокремлюють від іншої частини щита суцільною сталевією діафрагмою. За діафрагму під тиском подають бетонну суспензію, яка потрапляє в ґрунт і утворює щільну плівку, що убезпечує забій від руйнування.

Роботам із щитового проходження тунелю передують монтаж щитів і оснащення їх необхідним обладнанням. Збирають щити безпосередньо біля порталів тунелю у відкритих виїмках або котлованах, повністю опускаючи їх через шахтний стовбур або всередину камери-кесона, або в спеціальні підземні камери.

Технологія щитового проходження обумовлюється типом, властивостями ґрунту та різновидом оброблення. У разі проходження із застосуванням механізованого щита ґрунт розробляють, навантажують і транспортують за допомогою стандартного гірничо-прохідницького обладнання: бурильні молотки, вантажні машини, вагонетки, електровози.

Ускладнюють проходження водонасичені ґрунти. У цьому разі застосовують спеціальні способи осушення ґрунтів – штучне водозниження, заморожування, хімічне закріплення тощо.

У процесі розроблення зону підвищеного тиску відокремлюють від решти тунелю суцільною повітронепроникною шлюзовою перегородкою, в якій встановлюють шлюзи з дверима, що герметично закриваються, для проходження

людей, видавання розробленого ґрунту і подавання матеріалів. Шлюзові перегородки виготовляють із залізобетону або сталі й переносять уперед після кожного просування забою на 250...300 м. Стиснене повітря, електроенергію, воду подають в трубі-шлюзі до 0,5 м. У будь-якому разі необхідно дотримуватися вимог охорони праці, для чого влаштовують аварійний шлюз, помости й сходи. Ґрунт, розроблений у забої щита, надходить на магістральний транспортер-перевантажувач, що складається з похилих і горизонтальних частин. У кінці транспортера розміщується бункер із двома шибєрними затворами, що дає змогу вивантажувати ґрунт у вагонетки (рис. 5.27).



Рисунок 5.27 – Технологія щитового проходження ґрунту

За допомогою лебідок блоки по черзі затягують на напрямну дугу та переміщують по ній у потрібному напрямі. Для проходження застосовують кільцевий конвеєрний укладальник. Блоки переміщують по напрямному кільцю, у верхній частині обладнаному роликowymi опорами. Укладальники дугового та кільцевого типу забезпечують монтування важких блоків масою 5...6 т, що уможливорює поєднання монтажу оброблення з розробленням ґрунту і подаванням його за межі щита.

5.4.5 Мікротунелювання

Мікротунелювання – інноваційний напрям розвитку безтраншейного будівництва. На сучасному ринку будівельних робіт, де насамперед застосовується прокладання трубопровідних та інженерних мереж паралельно з класичними технологічними процесами успішно використовують інноваційні технологічні розробки. Однією із них є метод мікротунелювання.

Новітня технологія будівництва невеликих тунелів під автомобільними трасами й залізничними шляхами та переїздами передбачає проведення робіт на поверхні ґрунту і не потребує надалі реконструкційних витрат.

Будівельні роботи зі спорудження тунелів, виконувані цим методом, забезпечують мінімальне скорочення збоїв у роботі транспорту та зменшення негативного впливу на життєдіяльність інфраструктури регіону порівняно зі зведенням традиційних відкритих котлованів. Цей метод давно застосовують у багатьох європейських країнах, і на сьогодні цей спосіб вважається найоптимальнішим за умов проведення робіт у великих містах (рис. 5.28).



Рисунок 5.28– Сучасний електронний комплекс управління робіт мікротонелювання

Під час використання цього методу виконання робіт фактично не виникає труднощів, які неможливо було б подолати. Нова технологія дає змогу легко проходити під автомагістралями, руслами річок і залізничними переїздами, проводити підземні роботи на території аеропортів у безпосередній близькості від історичних пам'яток.

Універсальність цього технологічного методу дає змогу вирішити багато завдань, які не так давно спричиняли безліч суперечок і проблем.

Цей метод виконання робіт базується на використанні прохідницької машини або прохідницького щита, на які діє станція, із розташованими на ній домкратами. Ця домкратна станція встановлюється в котловані на робочій глибині влаштування тунелю. З протилежного боку споруджується приймальна шахта або котлован на глибині очікуваного виходу щита. За своїми габаритами

шахти не перевищують декількох метрів, що дуже зручно в щільно забудованому районі.

Після цього в першій шахті монтують станції з домкратами і безпосередньо машини. Створюючи тиск певної сили, домкрати просувають машину на певну довжину. Розміщені на передній частині щита різальні колеса розробляють ґрунт, який за допомогою водяного потоку по спеціальному трубопроводу надходить на поверхню в зоні першого котловану. Трубопровід нарощується доти, доки щит не потрапляє в приймальний котлован.

Після закінчення робіт увесь комплекс демонтують, а труби залишають у землі. Протягом усього процесу виконання робіт керування, яке виконується за допомогою сучасного електронного комплексу, здійснюється з поверхні землі, а точність проходження забезпечується лазером.

Трубопровід, що залишився, можна використовувати для пропускання електричних кабелів різного призначення. Характеристики ґрунтів впливають тільки на швидкість проходження щита: що твердіша порода, то із меншою швидкістю рухається установка.

Контрольні питання

1. На чому базується гідромеханічний спосіб виконання земляних робіт?
2. Наведіть схеми виконання робіт засобами гідромеханізації.
3. Де встановлюють гідромонітор під час розроблення ґрунту зустрічним забоем?
4. За допомогою чого здійснюється папільонування?
5. Назвіть способи намивання ґрунту.
6. Перелічіть різновиди буріння за особливостями утворення бурових виробок.
7. За допомогою яких способів проводять механічне буріння?
8. Для проходження яких за розміром свердловин застосовують колонкове буріння?
9. Подайте класифікацію ударного способу буріння.
10. У яких випадках застосовують ударно-штангове буріння?
11. Чим руйнуються гірські породи під час термічного способу буріння?
12. За допомогою яких способів можна знизити сили опору ґрунту проколу?
13. Під час проходження труб якого діаметру доцільно застосовувати методи продавлювання?
14. Що передбачає метод статичного продавлювання ґрунту?
15. Назвіть принципові переваги горизонтально-похилого буріння ґрунту.
16. Назвіть етапи горизонтально-шнекового буріння ґрунту.
17. Чим обумовлюється технологія щитового проходження ґрунту?
18. У чому полягає універсальність методу мікротонелювання?

6 ОСОБЛИВОСТІ ВИКОНАННЯ ЗЕМЛЯНИХ РОБІТ У ЗИМОВИЙ ПЕРІОД

Приблизно 15 % загального обсягу земляних робіт доводиться виконувати в зимовий період. У таких умовах трудомісткість розроблення ґрунту значно зростає (ручних робіт у 4...7 разів, механізованих – у 3...5 разів), деякі механізовані засоби застосовуються обмежено – екскаватори, бульдозери, скрепери, грейдери, хоча виїмки взимку можна влаштувати без укосин. Вода, яка ускладнює проведення робіт у теплу пору року, замерзаючи сприяє їхньому перебігу. Зникає необхідність облаштування шпунтових обгороджень і водовідливу.

6.1 Методи розроблення ґрунту у зимовий період

Залежно від певних місцевих умов використовують такі методи розроблення ґрунту:

- забезпечення ґрунту від промерзання з подальшим розробленням за допомогою звичайних методів;
- відтавання ґрунту та його розроблення в талому стані;
- розроблення ґрунту в мерзлому стані з попереднім його розпушенням;
- безпосереднє розроблення мерзлого ґрунту.

Убезпечення ґрунту від промерзання. Цей метод базується на штучному створенні на поверхні ділянки, визначеної для розроблення в зимовий період, термоізоляційного покриття та розробленні ґрунту в талому стані. Убезпечення здійснюється до встановлення стійких від'ємних температур, із утеплюваної ділянки попередньо відводять поверхневі води.

Застосовують такі способи влаштування термоізоляційного покриття: попереднє розпушування, зорювання й боронування ґрунту, його перехресне розпушування, укриття поверхні ґрунту утеплювачами.

Попереднє розпушування ґрунту, а також зорювання й боронування проводять до настання зимового періоду на ділянці, призначеній для розроблення в зимових умовах. Зорюють ґрунт за допомогою тракторних плугів або розпушувачів на глибину 30...35 см, із подальшим боронуванням на глибину 15...20 см. Таке оброблення разом із природним сніговим покривом, що утворюється, відтермінують початок промерзання ґрунту на 1,5 місяці. Товщина снігового покриву може бути збільшена внаслідок переміщення на ділянку снігу бульдозерами або автогрейдерами, а також шляхом установлення перпендикулярно до напрямку вітру декількох рядів снігозахисних огорож із ґратчастих щитів розміром 2×2 м на відстані 20...30 м ряд від ряду.

Глибинне розпушування здійснюють за допомогою екскаваторів на глибину 1,3...1,5 м шляхом перекидання розроблюваного ґрунту на ділянку, де буде розташовуватися земляна споруда.

Перехресне розпушування поверхні здійснюють на глибину 30...40 см. Кожен наступний шар розташовують під кутом 60...90°, а кожне наступне проходження виконують навхлист на 20 см. Такі заходи, зокрема й захист снігово-

го покриву, відтермінують початок промерзання ґрунту на 2,5...3,5 місяці, значно зменшується глибина промерзання.

Укривання поверхні ґрунту утеплювачами. Для цього використовують дешеві місцеві матеріали – листя дерев, сухий мох, торф'яний дріб'язок, солом'яні мати, стружку, тирсу, сніг. Найпростіший спосіб – укладання цих утеплювачів шаром завтовшки 20...40 см безпосередньо по ґрунту. Таке поверхнєве утеплення застосовують здебільшого у невеликих за площею виїмках.

Укривання з повітряним прошарком. Ефективнішим є поєднання місцевих матеріалів та повітряного прошарку. Для цього на поверхні ґрунту розкладають лежні завтовшки 8...10 см, на них – обапіл або інші матеріали – гілки, прути, очерет; зверху насипають шар тирси або деревних стружок завтовшки 15...20 см, запобігаючи їхньому здуванню вітром.

Метод розморожування ґрунту та розроблення його в талому стані. Розмерзання відбувається внаслідок впливу тепла. Цей процес трудомісткий і потребує значних енергетичних затрат. Застосовується він в окремих випадках, коли інші методи є недоцільними або неприйнятними: поблизу діючих комунікацій і кабелів, у складних умовах, під час проведення аварійних і ремонтних робіт.

Способи розморожування класифікують за напрямом розповсюдження тепла в ґрунті та за використовуваним теплоносієм – згорання палива, пар, гаряча вода, електрика. За напрямом розморожування всі способи поділяють на три групи.

Розморожування ґрунту зверху вниз. Тепло поширюється у вертикальному напрямі – поверхні вглиб ґрунту. Цей спосіб найпростіший, не потребує підготувальних робіт. Його використовують найчастіше, хоча з погляду економічної доцільності витрат енергії він найбільш недосконалий, оскільки джерело тепла розташовується в зоні холодного повітря й частина енергії витрачається в навколишній простір (рис. 6.1).

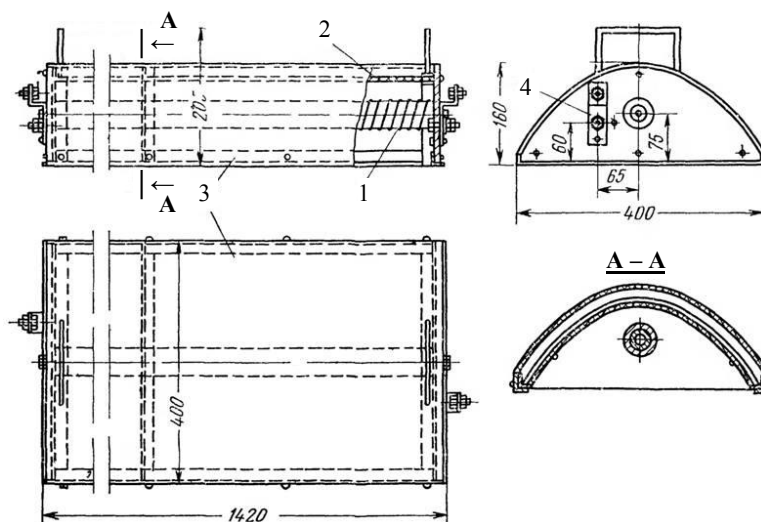


Рисунок 6.1 – Рефлекторна піч для відігрівання мерзлого ґрунту: 1 – нагрівальний елемент, 2 – рефлектор, 3 – кожух; 4 – контактні затискачі

Розморожування ґрунту знизу вверху. Тепло поширюється від нижньої межі мерзлого ґрунту до поверхні. Спосіб найбільш економний, оскільки ґрунт розмерзається під мерзлою кіркою та тепловтрати практично виключені. Недоліком цього способу є необхідність виконання трудомістких підготувальних операцій, що обмежує сферу його застосування.

Радіальне розморожування ґрунту посідає проміжне місце щодо двох попередніх способів за ступенем витрат теплової енергії. Тепло поширюється в ґрунті радіально від вертикально встановлених прогрівальних елементів, але для того, щоб їх установити й підімкнути, потрібно провести підготувальні роботи.

Перед початком виконання розморожування ґрунту ділянку необхідно попередньо звільнити від снігу, щоб не витратити теплову енергію на його розморожування. Перезволожувати ґрунт не можна.

Відповідно до застосовуваного теплоносія використовують декілька методів розморожування.

Розморожування шляхом згорання палива. Якщо в зимовий період виникає потреба отримати 1...2 ями, найпростішим рішенням є звичайне багаття. Підтримування вогню протягом восьми годин спричинить розморожування ґрунту під ним на 30...40 см. Застосовують цей спосіб у край рідко, оскільки в цьому разі тільки незначна частина теплової енергії витрачається продуктивно.

Вогневий спосіб застосовують під час риття невеликих траншей. Використовують ланкову конструкцію з низки металевих коробів зрізаного типу, з яких легко зібрати галерею необхідної довжини. У першому коробі влаштовують камеру згорання для твердого або рідкого палива (багаття з дров, рідке й газоподібне), спалюють через форсунку.

Електричне прогрівання. Сутність цього методу полягає в пропусканні електричного струму через ґрунт, унаслідок чого він нагрівається. Використовують горизонтальні й вертикальні електроди у вигляді стрижнів або смугової сталі. Щоб електричний струм рухався між стрижнями, необхідно створити струмопровідне середовище. Під впливом тепла нижні шари ґрунту розмерзаються. Цей спосіб ефективний, якщо глибина промерзання ґрунту – до 0,7 м. Витрати електроенергії на відігрівання 1 м³ ґрунту – 150..300 кВт/год., температура нагрітої тирси не повинна перевищувати 80...90 °С.

ґрунт розморожують за допомогою смугових електродів, що укладають на поверхню ґрунту, очистивши його від снігу й сміття, якщо це можливо, розрівнявши. Кінці смугового заліза загинають догори на 15...20 см для підімкнення до електропроводів. Цей спосіб застосовують, якщо глибина відігрівання – до 0,6...0,7 м, оскільки на великій глибині напруга падає, ґрунти менш інтенсивно залучаються до роботи та повільніше нагріваються.

Розморожування ґрунту за допомогою стрижневих електродів. Цим способом ґрунт розморожують зверху вниз, знизу вверху і комбінуючи ці напрями (див. рис. 6.2). Якщо ґрунт розморожують за допомогою вертикальних електродів, то стрижні з арматурного заліза із загостреним нижнім кінцем забивають у ґрунт у шаховому порядку, зазвичай використовуючи рамку 4×4 м

із хрестоподібно натягнутими дротами; відстань між електродами повинна перебувати в межах 0,5...0,8 м.

У разі застосування прогрівання зверху вниз поверхню попередньо очищують від снігу й криги, стрижні забивають у ґрунт на 20...25 см, укладають шар тирси, просочуючи його розчином солей. У процесі прогрівання ґрунту електроди забивають у ґрунт глибше. Оптимальна глибина прогрівання – у межах 0,7...1,5 м.

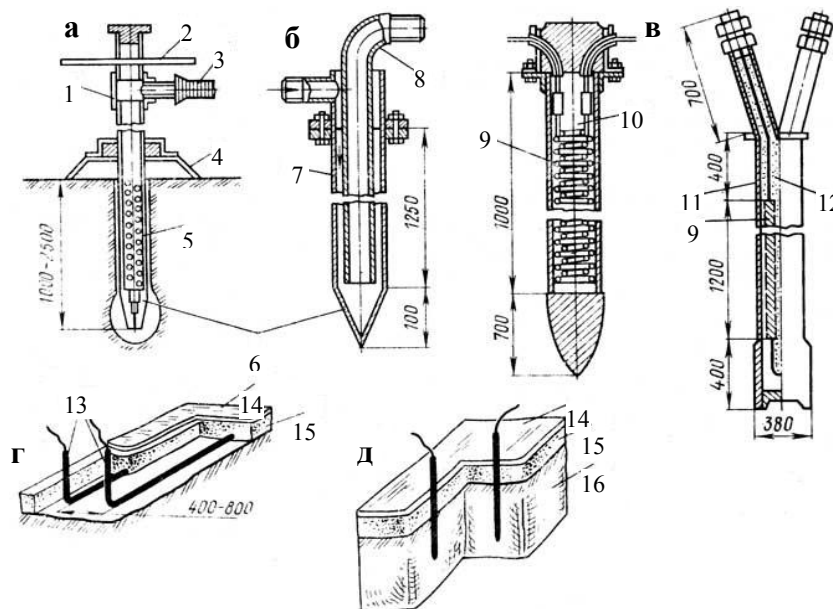


Рисунок 6.2 – Установки для розморожування ґрунту за допомогою голок та електродів:
а – парова голка; б – водяна голка; в – електричні голки; г – електроди, розташовані горизонтально; д – електроди, розташовані вертикально

Під час прогрівання знизу вгору пробурюють свердловини і вставляють електроди на глибину, що перевищує глибину промерзлого ґрунту на 15...20 см. Струм між електродами передається по талому ґрунту нижче рівня промерзання, під час нагрівання ґрунт відігріває верхні шари, які також залучаються до роботи. У разі застосування цього методу шар тирси не потрібний.

Третій, комбінований спосіб, використовують у разі заглиблення електродів у підстильний талий ґрунт і влаштування на поверхні ґрунту тирсової засипки, просоченої сольовим розчином. Електричний ланцюг замикають нагорі та внизу, ґрунт розморожують зверху вниз і знизу вгору одночасно.

Розморожування за допомогою струмів високої частоти. Цей метод призводить до значного зменшення часу проведення підготовальних робіт, оскільки мерзлий ґрунт добре проводить струми високої частоти, а отже, заглиблювати електроди в ґрунт і влаштовувати тирсову засипку не потрібно. Розморожування ґрунту відбувається порівняно швидко.

Розморожування ґрунту за допомогою теплових електричних нагрівачів. Цей метод базується на властивості передавати тепло від електричних нагрівачів до мерзлого ґрунту контактним способом. Як технічні засоби використовують електричні мати, що виготовляють зі спеціального матеріалу, який добре проводить тепло, і через них пропускають електричний струм.

Тривалість розморожування залежить від температури навколишнього повітря та від глибини промерзання ґрунту і становить 15...20 годин.

Розроблення мерзлого ґрунту з попереднім його розпушуванням. Мерзлий ґрунт розпушують, а потім розробляють за допомогою землерийних і землерийно-транспортних машин, застосовуючи механічний або вибуховий метод. Відповідно до норм екологічної безпеки до зимового розроблення ґрунту восени необхідно зняти бульдозером шар ґрунту з ділянки, обраної для розроблення. Під час механічного розпушування мерзлий ґрунт ріжуть, розколюють або сколюють за допомогою статичних (рис. 6.3) або динамічних засобів.

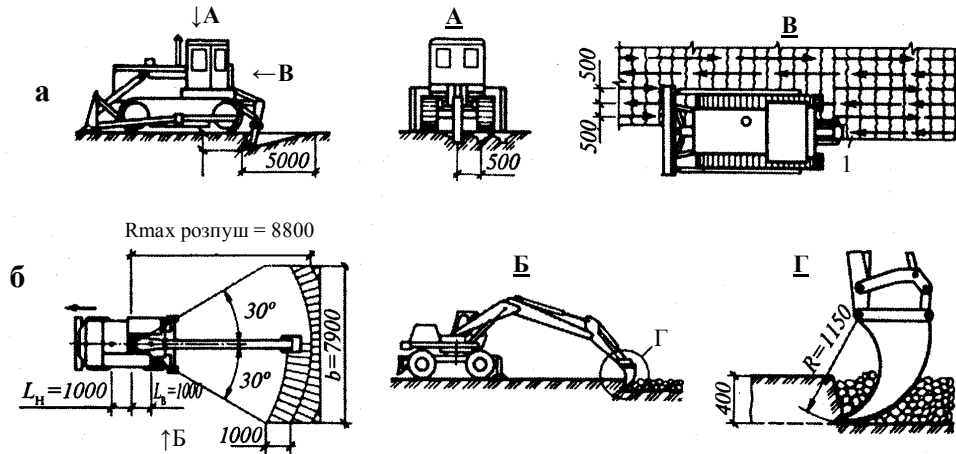


Рисунок 6.3 – Розпушування мерзлого ґрунту шляхом статичного впливу на нього: а – бульдозера з активними зубцями; б – екскаватора-розпушувача; 1 – напрям розпушування

Динамічні засоби використовують для розколювання або відколювання ґрунту молотами вільного падіння та спрямованої дії. Молоти вільного падіння (кульові й клин-молоти) підвішують на канатах до стріли екскаватора і за допомогою молотів спрямованої дії коли відколюють ґрунт (див. рис. 6.4).

Механічний спосіб розпушування передбачає використання землерийних і землерийно-транспортних машин. Застосовують молоти з масою до 5 т, які опускають із висоти 5...8 м: кульові молоти – під час розпушування піщаних і супіщаних ґрунтів, клин-молоти – глинястих (якщо глибина промерзання – 0,5...0,7 м). Як молоти спрямованої дії широко застосовують дизель-молоти на екскаваторах або тракторах: вони дають змогу руйнувати промерзлий ґрунт на глибину до 1,3 м.

Вплив статичних засобів базується на використанні в мерзлому ґрунті безперервного різального зусилля спеціальної робочої частини – зубця-розпушувача, яким обладнують гідравлічний екскаватор (так звана «зворотна лопата») або потужні трактори.

Якщо *статичний розпушувач* розміщений на тракторі, то як навісне обладнання використовують спеціальний ніж (зубець), різальне зусилля якого створюється внаслідок тягового зусилля трактора. Такий різновид машин призначений для пошарового розпушування ґрунту на глибину 0,3...0,4 м. Ґрунт розпушують шляхом паралельного пошарового проходження через 0,5 м із подальшим поперечним проходженням під кутом 60...90° щодо попередніх шарів. Розпушений ґрунт у відвал переміщують за допомогою бульдозера.

Здатність статичних розпушувачів до пошарового розпушування мерзлого ґрунту обумовлює можливість їхнього використання на будь-яку глибину промерзлого ґрунту. Технологічні особливості та економність сучасних розпушувачів, закріплених на тракторах із бульдозерним обладнанням, обумовлюють їхнє широке використання у будівництві.

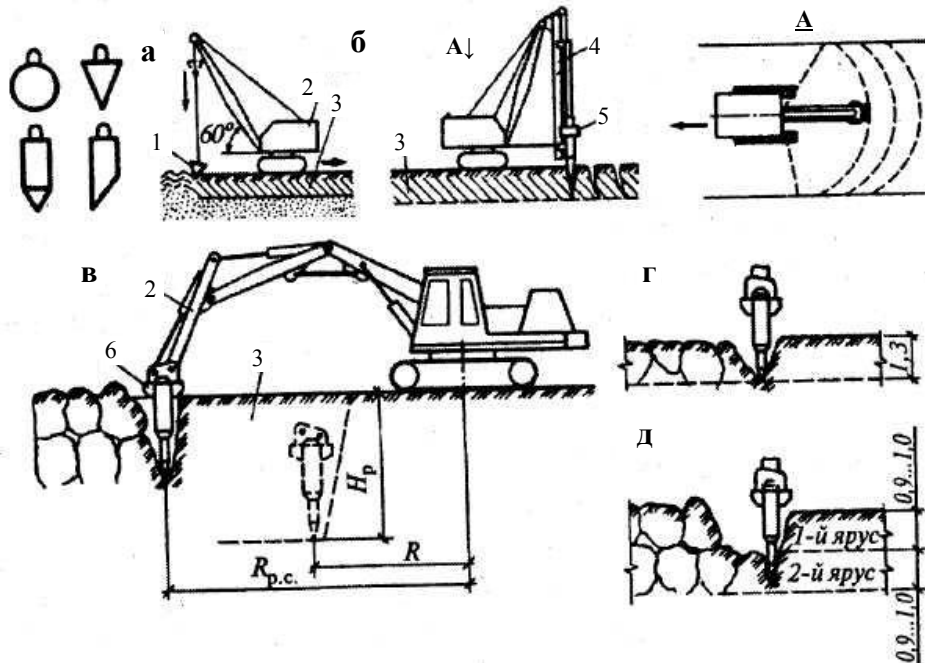


Рисунок 6.4 – Розпушування мерзлого ґрунту шляхом динамічного впливу: а – схема розпушування молотом вільного падіння; б – схема розпушування дизель-молотом; в – схема розпушування вібромолотом; г – схема розпушування у разі глибини промерзання до 1,5 м; д – схема розпушування у разі глибини промерзання понад 1,5 м; 1 – молот; 2 – екскаватор; 3 – мерзлий шар ґрунту; 4 – штанга; 5 – дизель-молот; 6 – вібромолот

Отже вартість розроблення ґрунту в разі застосування розпушувачів в 2...3 рази менша порівняно з вибуховим способом розпушування. Глибина розпушування такими машинами становить 0,7...1,4 м (рис. 6.5).



Рисунок 6.5 – Бульдозер-розпушувач

Мерзлі ґрунти розпушують за допомогою вибуху, якщо обсяги розроблення мерзлого ґрунту значні. Цей метод застосовують переважно на незабудованих або частково забудованих ділянках, використовуючи укриття й локалізатори вибуху – важкі привантажувальні плити. Залежно від глибини промерзання ґрунту вибухові роботи проводять так: шпурові й щілинні заряди використовують у разі промерзання ґрунту до 2 м; свердловинні й щілинні заряди – у разі його промерзання понад 2 м. Якщо підготувальні роботи були виконані якісно, то під час вибуху мерзлий ґрунт повністю роздроблюється, не пошкоджуючи стінок котловану або траншеї. Розпушений вибухами ґрунт розробляють екскаваторами або землерийно-транспортними машинами.

Безпосереднє розроблення мерзлого ґрунту. Ґрунт розробляють (без попереднього розпушування) за допомогою двох методів – блокового й механічного.

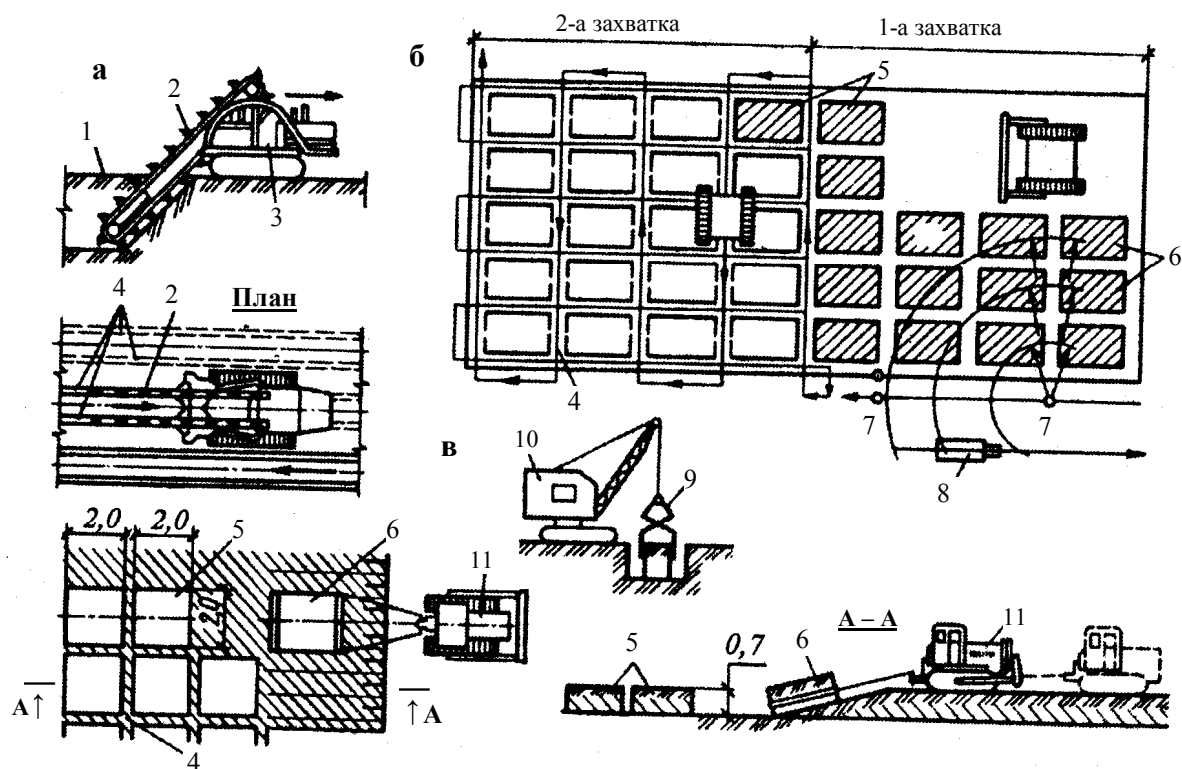


Рисунок 6.6 – Схема блокового розроблення ґрунту: а – нарізання щілин за допомогою барової машини; б – нарізання щілин та витягання блоків трактором; в – розроблення котловану та витягання блоків мерзлого ґрунту за допомогою крана; 1 – шар мерзлого ґрунту; 2 – різальні ланцюги (бари); 3 – екскаватор; 4 – щілини в мерзлому ґрунті; 5 – нарізані блоки ґрунту; б – переміщувані з майданчика блоки; 7 – зупинки крана; 8 – транспортний засіб; 9 – кліщовий захват; 10 – будівельний кран; 11 – трактор

Блоковий метод розроблення ґрунту застосовують на великих площах. Він базується на усвідомленні того, що монолітність мерзлого ґрунту внаслідок розрізання його на блоки порушується. За допомогою навісного обладнання на тракторі – баровій машині ґрунт під час взаємно перпендикулярних проходок розрізають на блоки завширшки 0,6...1,0 м. Якщо глибина промерзання мала (до 0,6 м), достатньо зробити тільки повздовжні розрізи.

Барові машини, що нарізають щілини, мають один, два або три зарубні

ланцюги, навішені на трактори або траншейні екскаватори. Барові машини застосовують для прорізання в мерзломому ґрунті щілин завглибшки 1,2...2,5 м.

Використовують сталеві зубці з різальною крайкою з міцного сплаву, що подовжує термін їхньої служби, а в разі зношування або стирання дає змогу швидко їх замінити. Відстань між барами залежно від різновиду ґрунту повинна становити 60...100 см. Розробляють ґрунт за допомогою екскаваторів – «зворотна лопата» з великим ковшем або бульдозерами, брили ґрунту переміщують із розроблюваного майданчика у відвал (див. рис. 6.6).

Механічний метод базується на використанні сили та поєднується з ударним або вібраційним впливом на масив мерзлого ґрунту. Метод передбачає використання землерийних і землерийно-транспортних машин, а також машин зі спеціально розробленими для зимових умов робочими частинами.

Звичайні серійні машини застосовують під час початкового періоду зими, коли глибина промерзання ґрунту незначна (рис. 6.7). Пряма й зворотна лопати можуть розробляти ґрунт, якщо глибина промерзання становить 0,25...0,3 м; ківш ємністю понад 0,65 м³ – 0,4 м; екскаватор-драглайн – до 0,15 м; бульдозери та скрепери здатні розробляти промерзлий ґрунт на глибину до 0,15 м.

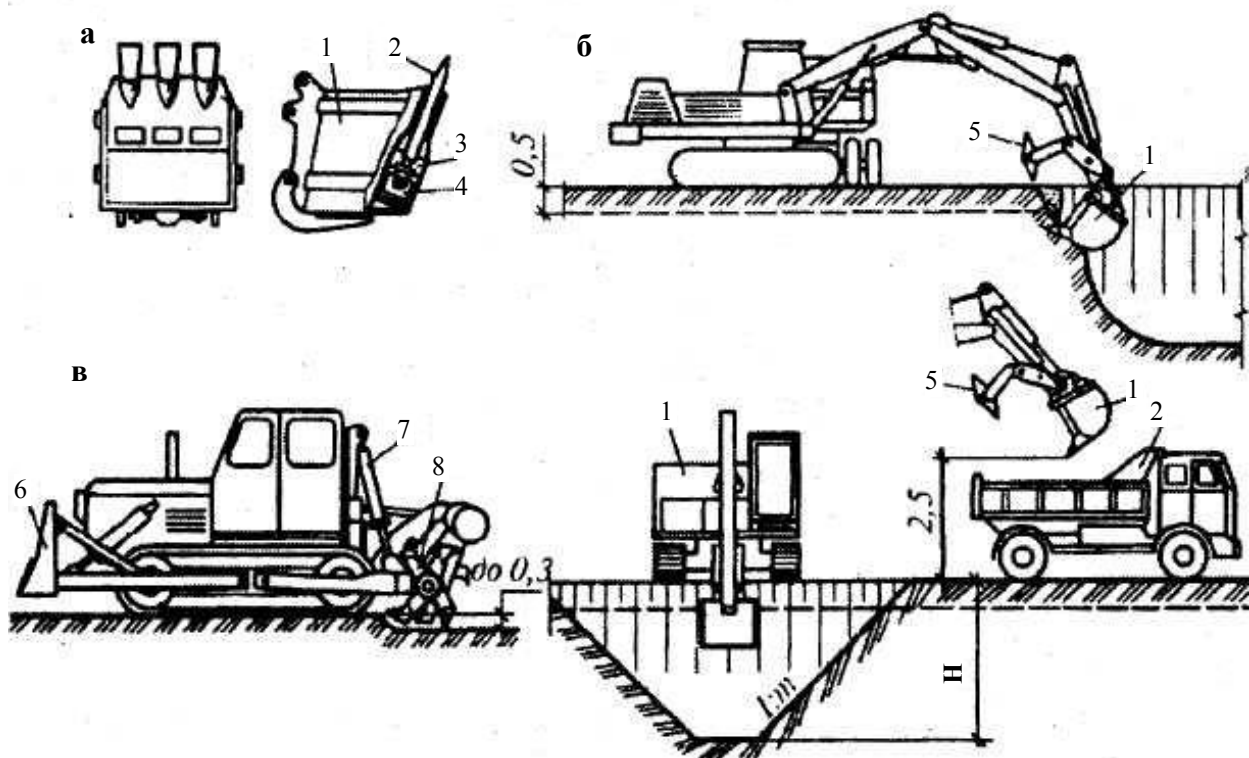


Рисунок 6.7 – Механічний спосіб безпосереднього розроблення ґрунту: а – ківш екскаватора з активними зубцями; б – розроблення ґрунту за допомогою екскаватора «зворотна лопата» і захоплювально-кліщового пристрою; в – землерийно-фрезерна машина; 1 – ківш; 2 – зубець ковша; 3 – ударник; 4 – вібратор; 5 – захоплювально-кліщовий пристрій; 6 – відвал бульдозера; 7 – гідроциліндр для підймання та опускання робочої частини; 8 – робоча частина (фреза)

Для зимового періоду розроблено спеціальне обладнання для одноківшевих екскаваторів – ковші з віброударними активними зубцями й

ковші із захоплювально-кліщовим пристроєм. Енергії на різання ґрунту витрачається приблизно в 10 разів більше, ніж на сколювання. Монтування в різальний крайок ковша екскаватора віброударних механізмів, які працюють як відбійні молотки, збільшує їхні можливості. Унаслідок використання надлишкового різального зусилля такі одноківшеві екскаватори можуть пошарово розробляти масив мерзлого ґрунту. Процеси розпушування й екскавації ґрунту поєднуються (рис. 6.8).



Рисунок 6.8 – Розроблення ґрунту в зимовий період за допомогою іклів

Ґрунт розробляють також за допомогою багатоківшевих екскаваторів, спеціально розроблених для прокладання траншей у мерзлому ґрунті. З цією метою використовують спеціальний різальний інструмент у вигляді іклів, зубців або коронок зі вставками з твердого металу, що прикріплюються до ковшів.

Пошарово ґрунт розробляють за допомогою спеціалізованої землерийно-фрезерної машини, що знімає стружку до 0,3 м завглибшки і 2,6 м завширшки. Розроблений мерзлий ґрунт переміщують за допомогою бульдозерного обладнання, що входить до комплексу машин.

Контрольні запитання

1. На чому базується метод забезпечення ґрунту від промерзання?
2. За допомогою яких засобів здійснюють глибинне розпушування ґрунту?
3. Як поширюється тепло під час розморожування ґрунту зверху вниз?
4. В якому напрямі розморожується ґрунт під час розморожування за допомогою стрижневих електродів?
5. З якою метою використовують динамічні засоби розроблення ґрунту?
6. На яких площах застосовують блоковий метод розроблення ґрунту?

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Аханов В. С. Справочник строителя : справочное издание / В. С. Аханов, Г. А. Ткаченко. – 7-е изд., доп. и перераб. – Ростов н/Д : Феникс, 2005. – 479 с.
2. Белецкий Б. Ф. Технология и механизация строительного производства : учебник / Б. Ф. Белецкий. – 3-е изд. – Ростов н/Д : Феникс, 2004. – 752 с.
3. Земляные работы / Ю. И. Беляков и др. – М. : Стройиздат, 1990. – 205 с.
4. Бочкарева Т. М. Технология строительных процессов классических и специальных методов строительства : учеб. пособие / Т. М. Бочкарева. – Пермь : Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2014. – 255 с.
5. Вербицкий Г. М. Комплексная механизация строительства : текст лекций / Г. М. Вербицкий. – Хабаровск : Изд-во Тихоокеанского гос. ун-та, 2006. – 265 с.
6. Дегтярёв Г. В. Технологическое проектирование подготовительного периода и земляных работ при строительстве зданий и сооружений : учеб. пособие / Г. В. Дегтярёв, Н. В. Коженко. – Краснодар : КубГАУ, 2014. – 97 с.
7. Дроздов А. Н. Строительные машины и оборудование : учебник для студ. учреждений высш. проф. образования / А. Н. Дроздов. – М. : Издательский центр «Академия», 2012. – 448 с.
8. Жван В. Д. Зведення і монтаж будівель і споруд : навч. посібник / В. Д. Жван, М. Д. Помазан, О. В. Жван ; Харків. нац. акад. міськ. госп-ва. – Харків: ХНАМГ, 2011. – 395 с.
9. Кондращенко О. В. Матеріалознавство : навч. посібник / О. В. Кондращенко ; Харк. нац. акад. міськ. госп-ва ; – Харків : ХНАМГ, 2007. – 182 с.
10. Технологія і механізація будівельних процесів : навч.-метод. посібник / В. О. Панченко, М. Г. Костюк, А. О. Качура, Л. М. Окуневський ; Харків. нац. акад. міськ. госп-ва; – Харків : ХНАМГ, 2005. – 243 с.
11. Рыбалко Л. Е. Технология строительного производства : учеб.-метод. пособие / Л. Е. Рыбалко. – Горки : БГСХА, 2015. – 352 с. : ил.
12. Снарский В. И. Технология возведения подземных сооружений : учеб. пособие / В. И. Снарский, М. М. Айгумов, С. В. Снарский. – Саратов : Саратов. гос. техн. ун-т, 2009. – 125 с.
13. Степанец В. Г. Инженерные сети и оборудование : учеб. пособие / В. Г. Степанец. – Омск : Изд-во СибАДИ, 2005. – 116 с.
14. Филатов С. Ф. Строительство аэродромов. Земляные работы : учеб. пособие / С Ф Филатов – Омск : СибАДИ, 2010. – 116 с.
15. Чередниченко Т. Ф. Технологическое проектирование процессов устройства земляных сооружений : учеб. пособие / Т. Ф. Чередниченко, В. Д. Тухарели ; Волгогр. гос. архит.-строит. ун-т. – Волгоград : ВолГАСУ, 2015. – 86 с.

16. Шестопапов К. К. Машины для земляных работ : учеб. пособие / К. К. Шестопапов ; МАДИ – М., 2011. – 145 с.
17. Штоль Т. М. Технология возведения подземной части зданий и сооружений : учеб. пособие для вузов / Т. М. Штоль. – М. : Стройиздат, 1990. – 288 с.
18. Юдина А. Ф. Технологические процессы в строительстве : учеб. для студ. учреждений высш. проф. образования / А. Ф. Юдина, В. В. Верстов, Г. М. Бадьин. – М. : Издательский центр «Академия», 2013. – 304 с.
19. Якименко О. В. Технологія будівельного виробництва : навч. посібник / О. В. Якименко; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2016. – 411 с.
20. 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.
21. Якименко О. В. Конспект лекцій з дисципліни «Механізація та автоматизація будівництва і ремонтно-будівельних робіт» (для студентів 4 курсу денної і заочної форм навчання освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавр, напряму 6.060101 – Будівництво, спеціальності «Міське будівництво і господарство») / О. В. Якименко; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2016. – 149 с.

Навчальне видання

ЯКИМЕНКО Олег Вікторович

ЗЕМЛЯНІ РОБОТИ

НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК

Відповідальний за випуск *О. В. Якименко*

Редактор *О. А. Норик, В. І. Шалда*

Комп'ютерне верстання *О. В. Якименко*

Дизайн обкладинки *Т. А. Лазуренко*

Підп. до друку 11.10.2017. Формат 60×84/16.

Друк на ризографі. Ум. друк. арк. 6,8.

Тираж 50 пр. Зам. №

Видавець і виготовлювач:

Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002.

Електронна адреса: rectorat@kname.edu.ua.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:

ДК № 5328 від 11.04.2017.