

7. ЗАХОДИ ІНЖЕНЕРНОГО ЗАХИСТУ ОБ'ЄКТІВ ВІД ЗСУВНИХ І ОБВАЛЬНИХ ПРОЦЕСІВ

1.1. Види ерозій

Антропогенна ерозія розгортається під впливом природних та антропогенних факторів та умов.

Підземна ерозія являє собою різновид лінійної. Вона пристосована до тріщин, кротовин у масиву порід, до підземних лінійних споруд. Підземна ерозія розвивається на крайових частинах схилів річних долин, балок та ярів, у районах поширення лесових та пухких водопроникних ґрунтів.

7.2. Яри, їхнє утворення та класифікація

Яриста ерозія розвивається на всіх природних зонах, але найбільше вона уражає водозбори та схили річкових долин, рівнинні підвищення та особливо території господарського освоєння.

Основними природними передумовами розвитку яристої ерозії є морфографічні та морфометричні особливості рельєфу, режим стоку та фізико-механічні властивості ґрунтів:

- горизонтальне та вертикальне розчленування та хвилястість рельєфу;
- крутизна та довжина схилів;
- велика кількість опадів та інтенсивне сніготаяння;
- концентрація поверхневого стоку;
- пухкість, легкий розмив та слабе водопроникнення порід;
- різке зменшення зачеплення між частками при зволоженні (лесові, супіщані, суглинисті та глинисті ґрунти);
- утворення тріщин у товщі підстильних порід внаслідок періодичного промерзання та розмерзання;
- відсутність рослинності на вододілах та схилах;
- глибина базису ерозії;
- виклинювання ґрунтових вод на схилах.

До *антропогенних факторів* яроутворення відносять:

- підрізку та розорювання схилів;
- улаштування незакріплених насипів та виямок при прокладанні поперек схилу доріг, водовідвідних каналів та інших комунікацій;
- неорганізоване скидання промислових, господарських, дощових вод та снігу в яри;
- розмиви поверхневих порід при витоку води з водопровідної, водостічної та каналізаційної мереж;
- порушення деренового покриву та вирубування дерев та чагарників;
- штучне зниження місцевого базису ерозії.

Є такі основні типи ярів, як *схиліві, донні та ярові системи*.

Схиліві яри ділять на *берегові*, які не виходять своїми вершинами за бровку схилу балок та річкових долин, *водороздільні*, що розвиваються за межами старовинної гідрографічної мережі на схилах межиріччя та міжбалкового простору, та *терасові*, що розділяють своїми вершинами поверхню терасових рівнів рік.

До різновидів *донних ярів* відносять розмиви, які розподіляють заплави рік, та розмиви у днищах лощин та балок.

Ярові системи складають серії схилівих та донних ярів.

7.3. Інженерний захист об'єктів від зсувних та обвалених процесів

Затримуючі протизсувні споруди повинні забезпечувати сприйняття зсувного тиску за рахунок реактивного опору стійкого ґрунту по поверхнях опор глибокого закладання, та не допускати продавлювання та переповзання через них ґрунту зсувних мас.

Підтримуючі протизсувні споруди слід передбачати для закріплення і попередження зсувів, обвалів і вивалів.

Застосовують наступні види: контрбанкети, контрфорси, підпірні стіни на природній основі чи на пальових фундаментах, підтримуючі споруди

пальнової конструкції, палі-шпони, стовпи глибокого закладання, анкерні кріплення та пломби.

При неможливості чи економічній недоцільності влаштування контрбанкетів або у положенні укосів влаштовують **підпірні стіни** на природній основі або на палювих фундаментах, палюві ростверки, окремі палі і стовпи.

Палі-шпонки застосовуються для попередження зсуву блоків скельних слаботріщинуватих ґрунтів по поверхні, нахиленої в бік падіння схилу під кутом менше ніж 50° .

Анкери допускається застосовувати як самостійний засіб, що дозволяє утримувати ґрунти на схилі (укосі), в тому числі для кріплення окремих скельних блоків до міцного масиву на скельних схилах (укосах).

Влаштування **пломб** (заповнення порожнин, які утворилися в результаті вивалів) бетоном, бутобетоном або кам'яною кладкою на цементному розчині слід передбачати для запобігання вивалів і осипання ґрунтів.

Підтримуючі протизсувні фундаменти можуть виконуватись у вигляді:

- просторово-рамних фундаментів;
- плитно-рамних фундаментів;
- перехресних стрічок;
- похилих балочних фундаментів.

Усі залізобетонні елементи підтримуючих протизсувних фундаментів повинні мати жорсткі вузли сполучень між собою (за винятком деформаційних швів).

7.4. Загальні положення щодо проектування підпірних стін

Проектування підпірних стін і стін підвалів повинно здійснюватися на основі:

- креслень генерального плану (горизонтального і вертикального планування);
- звіту про інженерні, а також інженерно-геологічні вишукування;

→ технічного завдання, що містить дані про навантаження і, за необхідності, особливі вимоги до проектованої конструкції (вимоги до обмеження деформації, тощо).

Для **всіх типів підпірних стін** повинні бути розглянуті наступні граничні стани:

- втрата загальної стійкості;
- руйнування конструктивних елементів або з'єднань між ними;
- комбіноване руйнування ґрунту і елементів конструкції;
- переміщення споруди, яке може призвести до руйнування, погіршення експлуатаційних якостей, вплинути на роботу споруди або сусідніх споруд і мереж;
- недопустимі витіки через стіну або під нею;
- недопустимі зміни стоку підземних вод.

При виконанні розрахунків стін слід враховувати також наступні граничні стани:

→ **для стін з розвиненою площею опирання:**

- недостатня несуча здатність ґрунту під спорудою;
- руйнування, викликане ковзанням по підшві стіни;
- руйнування, обумовлене перекиданням;

→ **для стін кінцевої жорсткості:**

- руйнування конструкції чи її частин від кутового або поступального зсуву;
- руйнування, пов'язане з порушенням вертикальної рівноваги (втрата вертикальної стійкості).

Проектування конструкцій підпірних стін і стін підвалів, конструкцій заглиблених і підземних споруд за наявності агресивного середовища повинно вестися з урахуванням додаткових вимог СНиП 2.09.03, ДСТУ Б В.2.6–145.

Проектування заходів захисту залізобетонних конструкцій від електрокорозії повинне виконуватися з урахуванням вимог відповідних нормативних документів.

7.5. Види і конструкції підпірних стін

Підпірні стіни за конструктивним рішенням і роботою у ґрунті підрозділяються на наступні типи:

- масивні (гравітаційні),
- тонкостінні кутникові,
- стіни в ґрунті,
- стіни підземних і заглиблених споруд,

Масивні підпірні стіни відрізняються *матеріалом, способом виготовлення, формою поперечного профілю* (рис. 7.1).

За *матеріалом* масивні підпірні стіни можуть бути з кам'яної кладки, бутобетону, монолітного бетону або із збірних бетонних блоків, за *способом виготовлення* – монолітними або збірними.

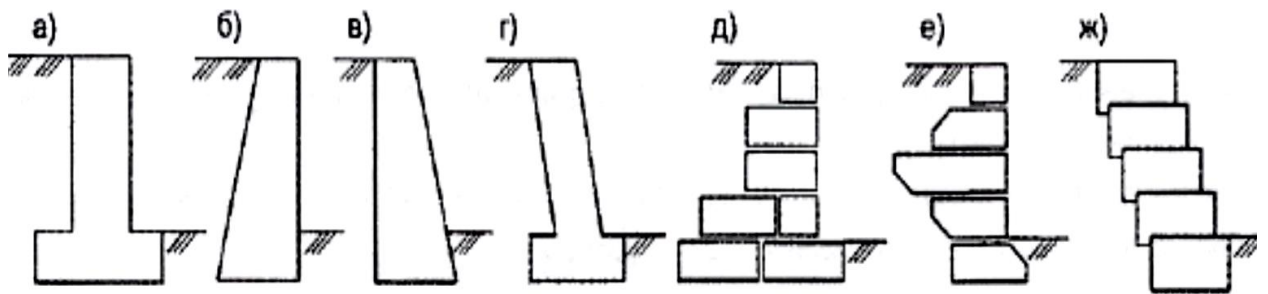


Рис. 7.1. Різновиди масивних підпірних стін

Монолітні масивні стіни за *формою поперечного перерізу*, нахилом лицьової і тильної сторін (рис. 7.1, а–г) можуть бути з наступними сторонами:

- а) двома вертикальними;
- б) вертикальною лицьовою і похилою тильною;
- в) похилою лицьовою і вертикальною тильною;
- г) нахилом обох (лицьової і тильної) у бік засипки.

Збірні блокові стіни також можуть мати різні *форми поперечного перетину*, нахили лицьових і тильних сторін (рис. 7.1, д, е, ж) і можуть бути зі сторонами:

- д) вертикальною лицьовою і ступінчастою тильною;
- е) вертикальною лицьовою і ламаною тильною;
- ж) ступінчастими лицьовою і тильною.

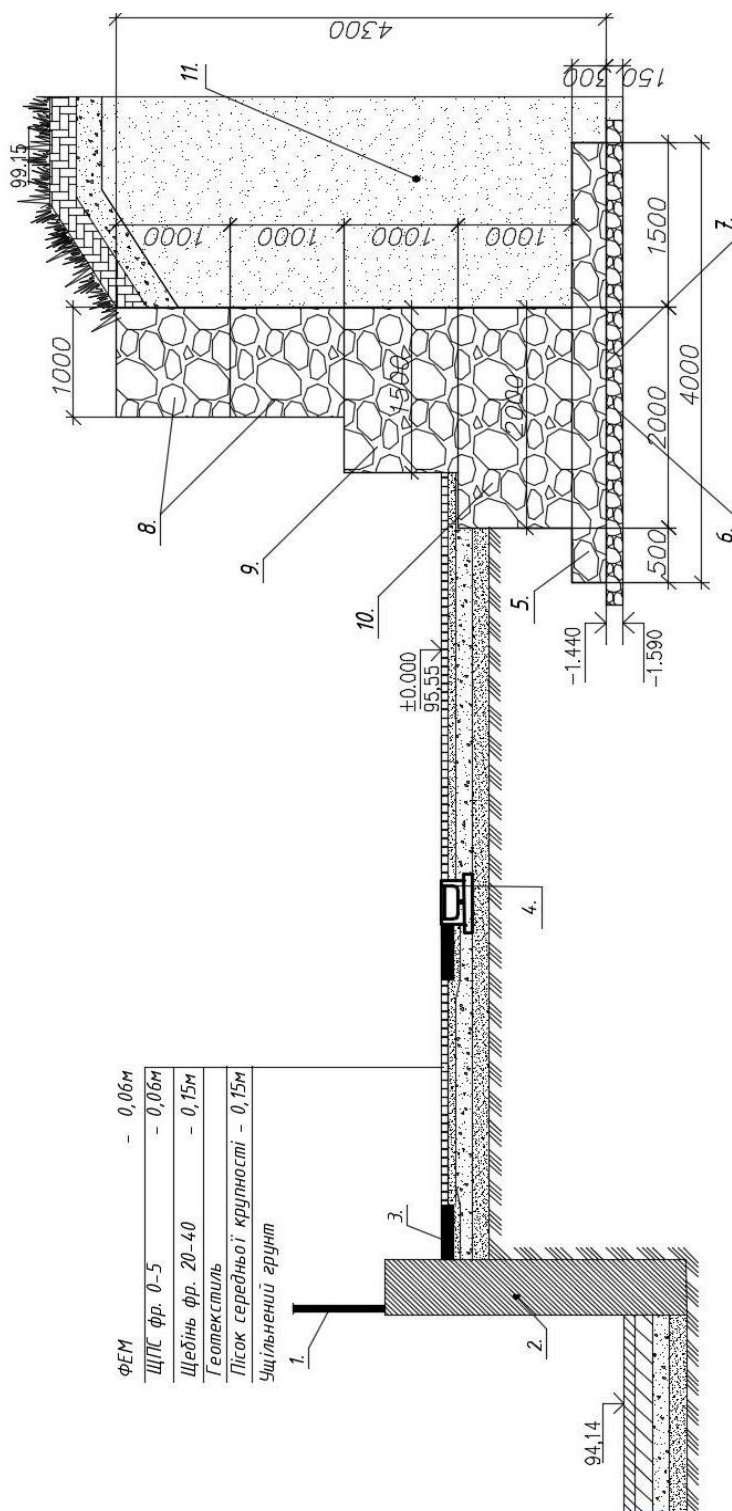


Рис. 7.2. Приклад реконструкції існуючої підпірної стінки:

- 1 – огорожа;
- 2 – існуюча підпирна стінка (реконструкція);
- 3 – гранітна колота бруківка;
- 4 – зливоприймальний лоток з решіткою;
- 5 – матрац Рено, $4 \times 2 \times 0,3(h)$;
- 6 – щебенева підготовка, $h=0,15$ м;
- 7 – геотекстиль голкопробивний, щільність 200 г/м^2 ;
- 8 – габіонний ящик, $2 \times 1 \times 1(h)$;
- 9 – габіонний ящик, $1,5 \times 1 \times 1(h)$;
- 10 – габіонний ящик, $2 \times 1 \times 1(h)$;
- 11 – зворотня засипка ґрунтом, коеф. ущільнення 0,95

Тонкостінні підпірні стіни кутникового типу застосовують, як правило, у промисловому і цивільному будівництві і виконують у вигляді конструкцій, наведених на рис. 7.3.

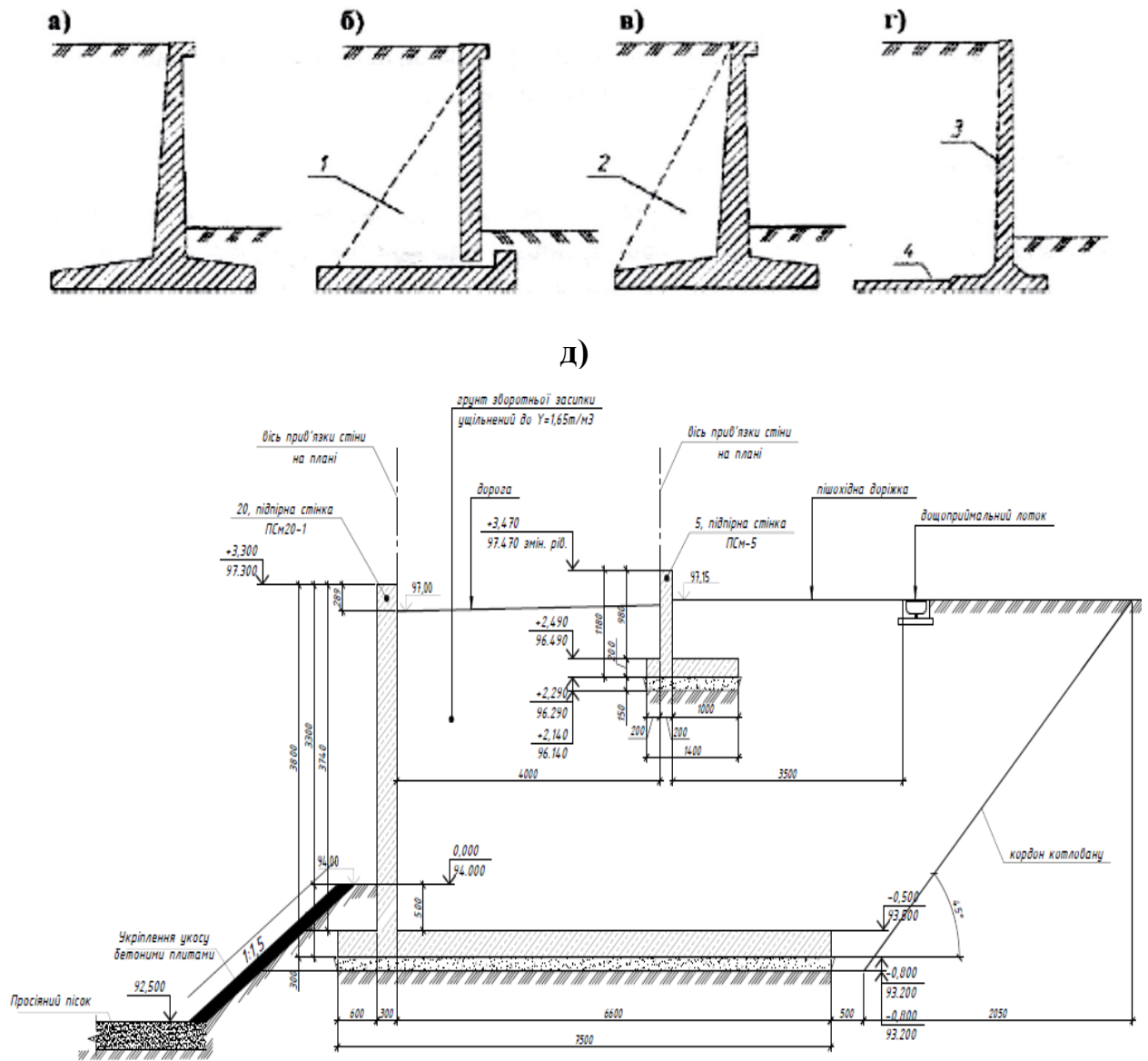
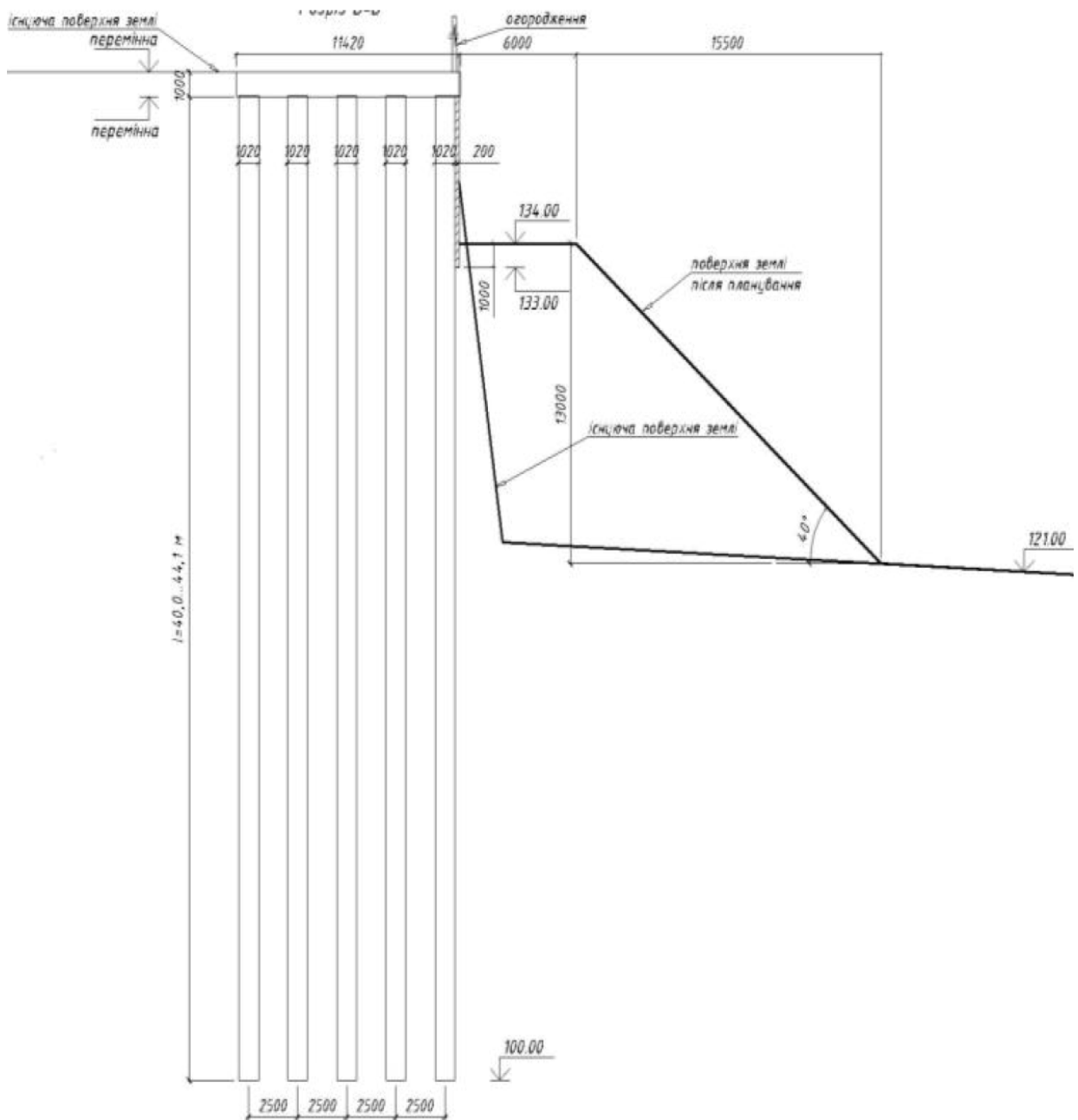


Рис. 7.3. Тонкостінні підпірні стіни кутникового типу:

- а – консольні; б – з тягами; в – з контрфорсами; г – з універсальних стінових панелей; д – приклад тонкостінної стіни кутикового типу;
- 1 – тяга; 2 – контрфорс; 3 – уніфікована стінова панель;
- 4 – монолітна частина підшви

е)



Продовження рис. 7.3. Тонкостінні підпірні стіни кутникового типу:
e – поперечний розріз тонкостінної підпірної стіни кутникового типу

За способом виготовлення тонкостінні підпірні стіни можуть бути монолітними, збірними і збірно-монолітними.

У збірних і збірно-монолітних підпірних стінах кутникового типу з'єднання плит здійснюється:

→ за рахунок жорсткого закладання в щілинному пазу (рис. 7.3, *a*),

→ шарнірного сполучення за допомогою петльового стику (рис. 7.3, г; рис. 7.4, б), за допомогою анкерних тяг-зв'язків (рис. 7.3, б) або контрфорсів (рис. 7.3, в).

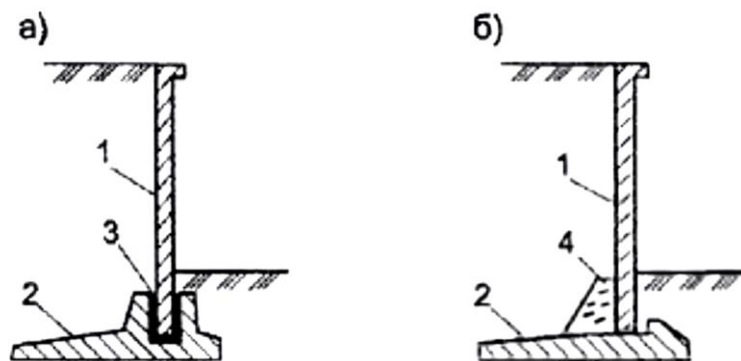


Рис.7.4. З'єднання лицьових і фундаментних плит підірних стін кутникового типу зі збірних елементів:

а – спряження за допомогою щільового паза;

б – спряження за допомогою петльового стику;

1 – лицьова плита; 2 – фундаментна плита;

3 – заповнення цементно-піщаним розчином; 4 – бетон замонолічування

Тонкостінні підірні стіни з анкерною тягою складаються з лицьових і фундаментних плит, сполучених анкерною тягою-зв'язкою, яка створює у плитах додаткові опори, що покращують роботу стіни при горизонтальних навантаженнях (рис. 7.3, б).

Контрфорсні підірні стіни складаються з огорожувальної лицьової плити, контрфорсу і фундаментної плити. При цьому ґрунтове навантаження від лицьової плити частково або повністю передається на контрфорс (рис. 7.4, в).

Стіни в ґрунті, які застосовуються як постійні підірні стіни, розділяються на **траншейні і пальові**.

Траншейні підірні стіни монолітні залізобетонні влаштовуються у протяжних траншеях, як правило, під захистом глинистої суспензії.

Пальові підірні стіни виготовляються з окремих, об'єднаних ростверком, бурових чи буроін'єкційних паль, влаштованих в один чи декілька

рядів, або монолітними з переривчасто розташованих, дотичних або паль, які перетинаються і виготовляються під захистом обсадних труб.

За принципами влаштування і проектування підпірних стін розподіляються на:

→ *тимчасові* тонкостінні конструкції утримуючих стін огорож виїмок у ґрунті (котлованів, траншей);

→ *постійні* конструкції стін у ґрунті (відсікаючі, розділяючі стіни, протифільтраційні завіси, які перешкоджають потраплянню води в котловани, підвали, траншеї чи її руху);

→ *стіни ємностей* для зберігання сипких матеріалів.

Тимчасові тонкостінні конструкції стін у ґрунті (рис. 7.5, а, б, в).

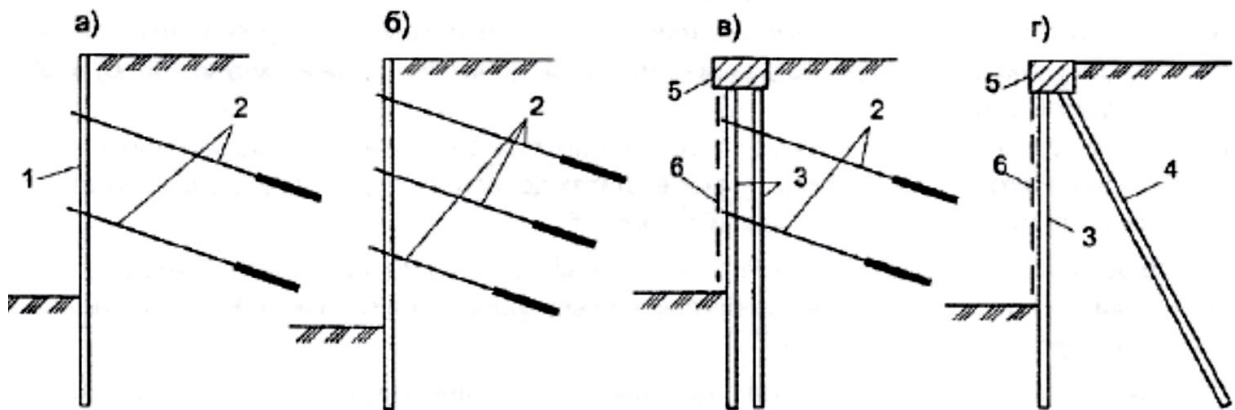


Рис. 7.5. Утримуючі стіни у ґрунті:

а, б – стіни шпунтові, пальові чи траншейні з анкерами (тимчасові);

в – стіни пальові багаторядні з анкерами (тимчасові);

г – стіни у вигляді козлових пальових систем (постійні);

1 – стіни; 2 – анкери; 3 – палі вертикальні; 4 – палі нахилені;

5 – ростверки; 6 – екрани

Тимчасові конструкції стін у ґрунті (рис. 7.12, рис. 7.13),

Утримуючі протизсувні споруди з бурових паль залежно від розміщення паль у плані можуть бути:

а) однорядними з переривчасто розташованими палями

б) дворядними;

- в) у вигляді кущів – під стояки або окремі опори;
- г) трирядними – за доцільності, доведеної їх розрахунком.

Види підпірних стін і утримуючих протизсувних споруд із використанням бурових паль наведені на рис. 7.6–7.21.

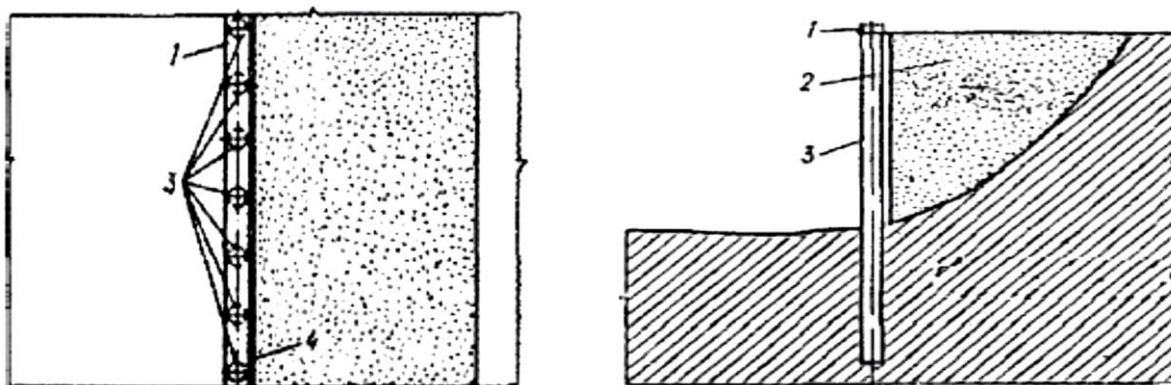


Рис. 7.6. Однорядна підпірна стіна з бурових паль, об'єднаних ростверком:

1 – об'єднуючий ростверк; 2 – засипка; 3 – палі; 4 – залізобетонна закидка

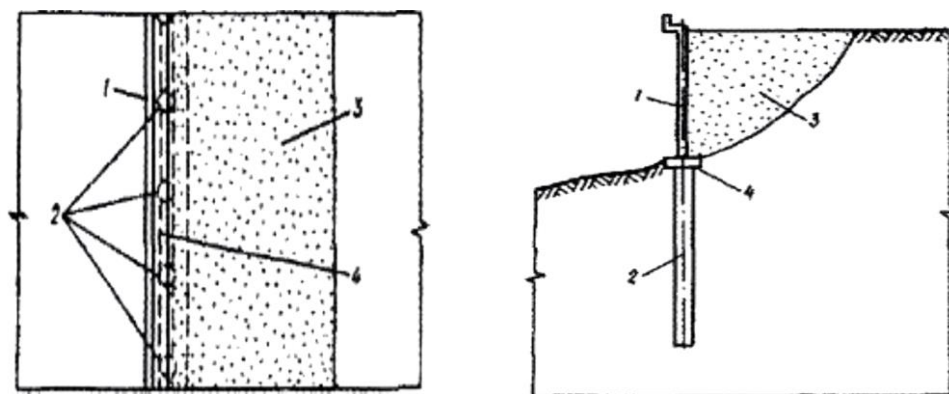


Рис.7.7. Підпірна стіна, на однорядних бурових палях, об'єднаних ростверком:

1 – залізобетонна закидка; 2 – палі; 3 – засипка; 4 – ростверк

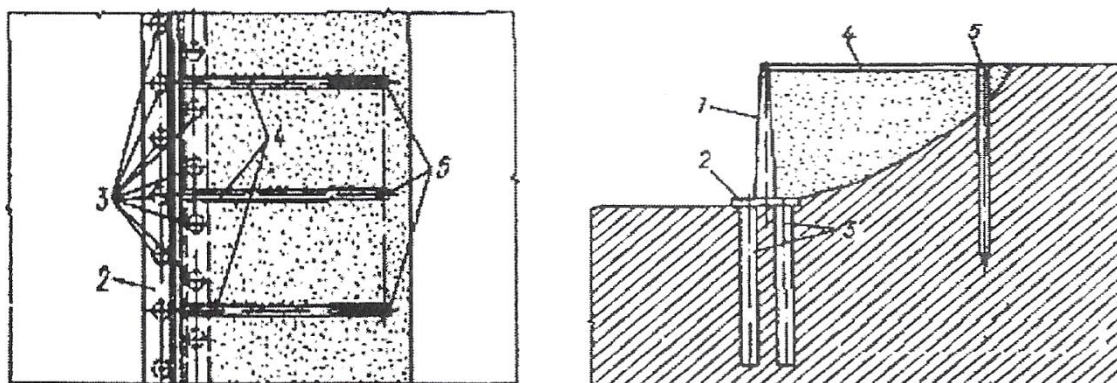


Рис.7.8. Підпірна стіна, що зводиться на дворядних бурових палях, об'єднаних ростверком:

1 – залізобетонна закидка; 2 – ростверк; 3 – палі;
4 – тяги-зв'язки; 5 – анкерні палі

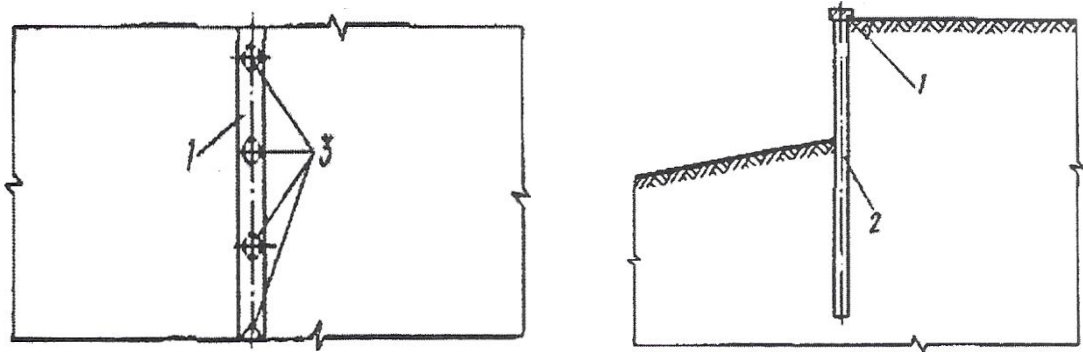


Рис.7.9. Пальова огорожувальна конструкція з однорядних бурових палей, об'єднаних ростверком:
1 – об'єднуючий ростверк; 2 – паливий ряд; 3 – палі

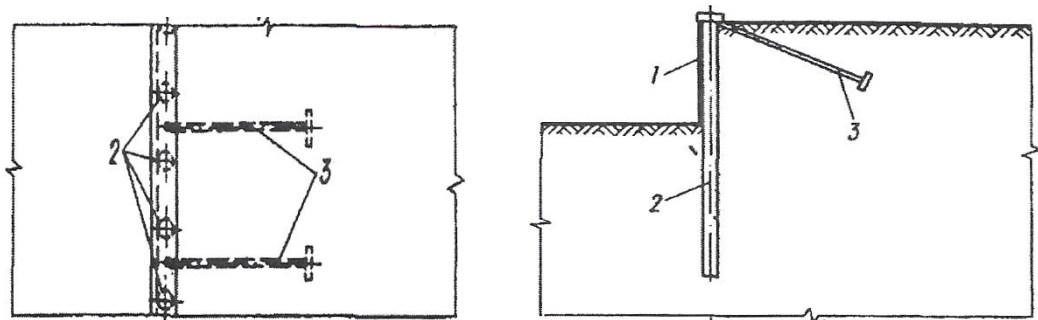


Рис.7.10. Однорядна підпірна стіна з бурових палей з ростверком і тимчасовими анкерами:

1 – залізобетонна закидка; 2 – палі; 3 – анкери

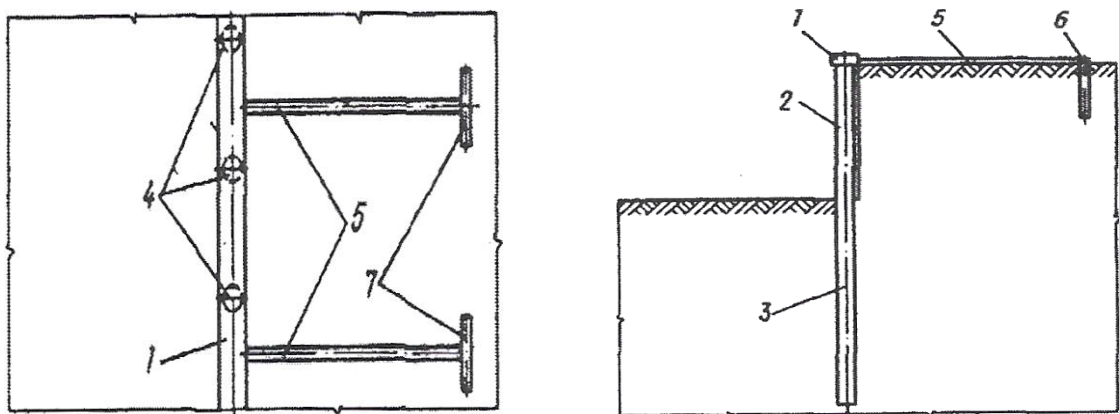


Рис.7.11. Однорядна підпірна стіна з бурових паль із ростверками і постійними вертикальними анкерами:

1 – об'єднуючий ростверк; 2 – залізобетонна закидка; 3 – пальовий ряд;
4 – палі; 5 – горизонтальні тяги -зв'язки-розпірки; 6 – анкерні елементи;
7 – вертикальні анкери

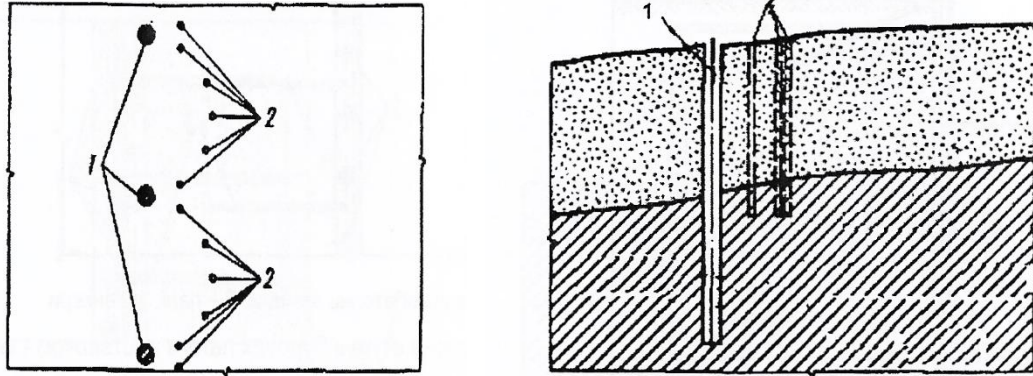


Рис. 7.12. Пальова огорожувальна конструкція з однорядних бурових паль і системи ґрутонабивних паль:

1 – буронабивні палі; 2 – ґрутонабивні палі

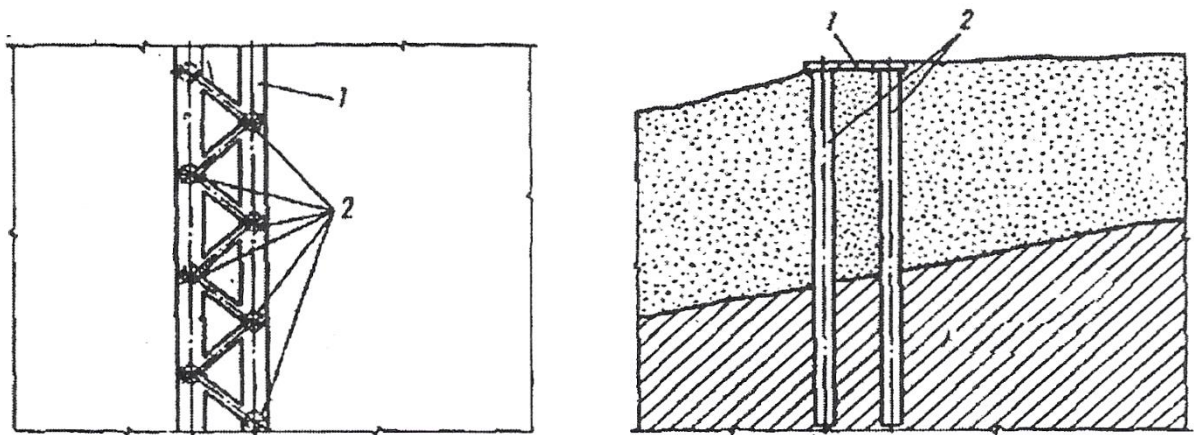


Рис.7.13. Пальова огорожувальна конструкція з дворядних паль, об'єднаних ростверком у вигляді ферми:

1 – ростверк у вигляді ферми; 2 – палі

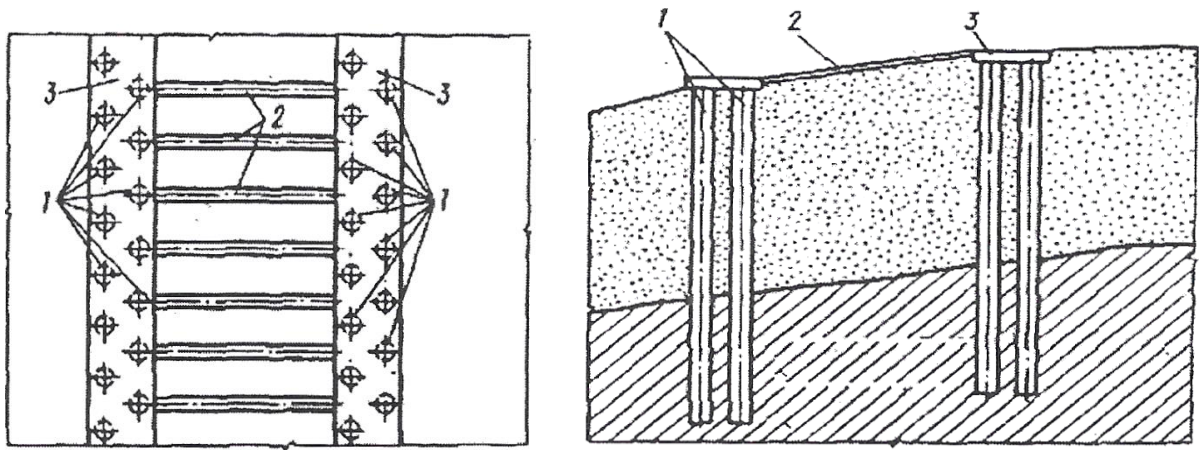


Рис.7.14. Двоярусна пальова огорожувальна конструкція з дворядних бурових паль, об'єднаних ростверками і зв'язками:

1 – палі; 2 – зв'язки; 3 – об'єднуючий ростверк

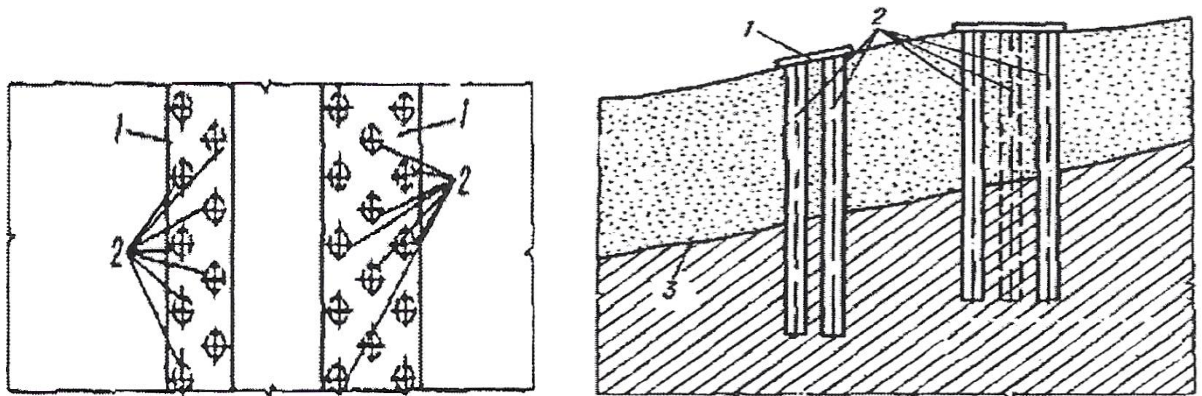


Рис.7.15. Двоярусна пальова огорожувальна конструкція без зв'язок:

1 – об'єднуючий ростверк; 2 – палі; 3 – лінія ковзання

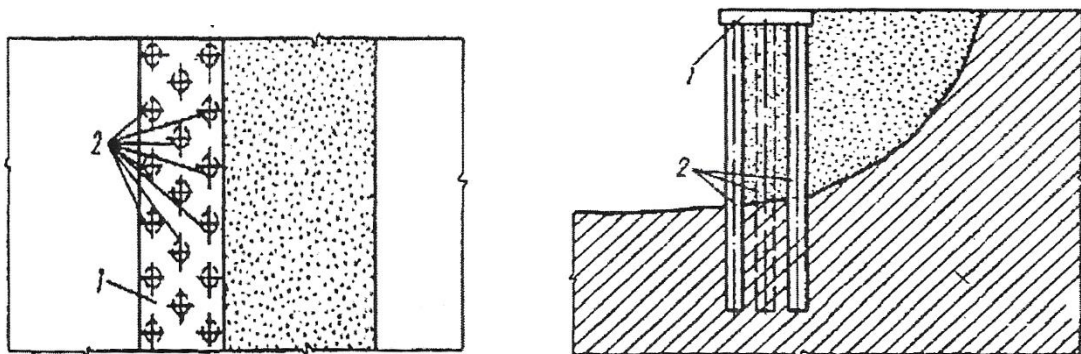


Рис.7.16. Підпірна стіна з трирядних бурових паль, об'єднаних ростверком:

1 – об'єднуючий ростверк; 2 – палі

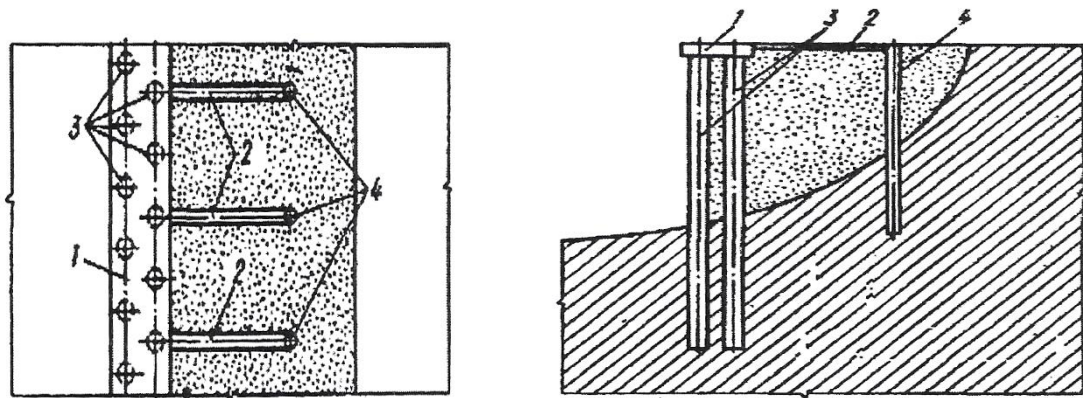


Рис.7.17. Підпірна стіна з двоярядних паль, об'єднаних ростверком з анкерними палями:

1 – об'єднуючий ростверк; 2 – тяги-зв'язки-розпірки; 3 – палі;
4 – вертикальні анкерні палі

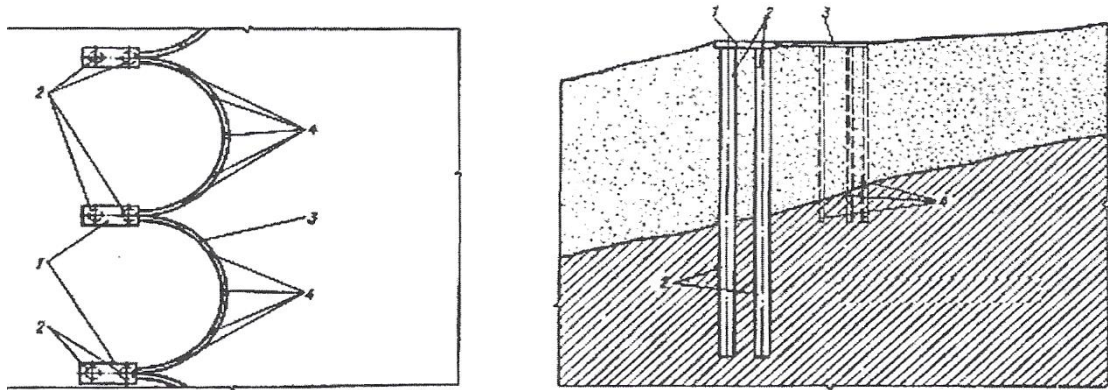


Рис.7.18. Утримуюча протизсувна споруда з бурових паль із арочним заповненням між ними:

1 – об'єднуючий ростверк; 2 – бурові палі;
3 – арочний елемент між ростверками; 4 – ґрунтобетонні анкеруючі палі

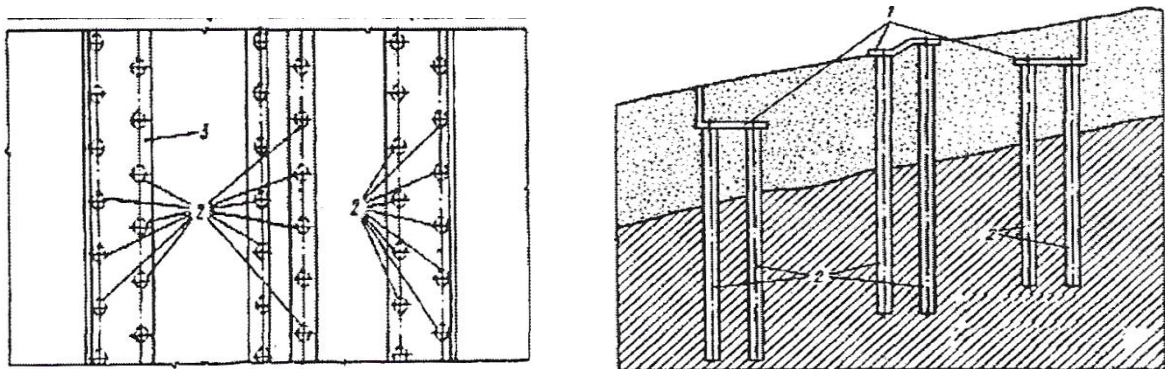


Рис.7.19. Утримуючі протизсувні споруди з трьох окремих палювих стрічок:

1 – фігурні ростверки; 2 – палі; 3 – об'єднуючий елемент ростверку

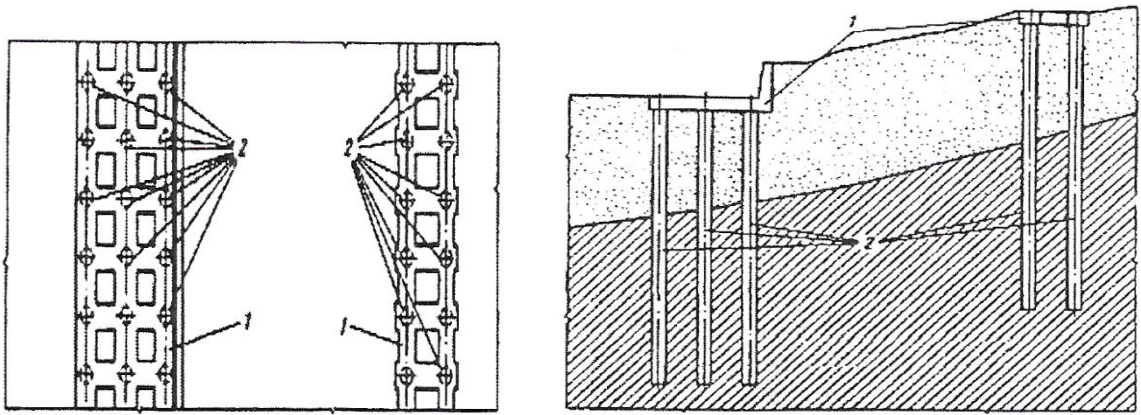


Рис.7.20. Утримуюча протизсувна споруда з двох окремих палових стрічок:

1 – об'єднуючий ростверк; 2 – палі

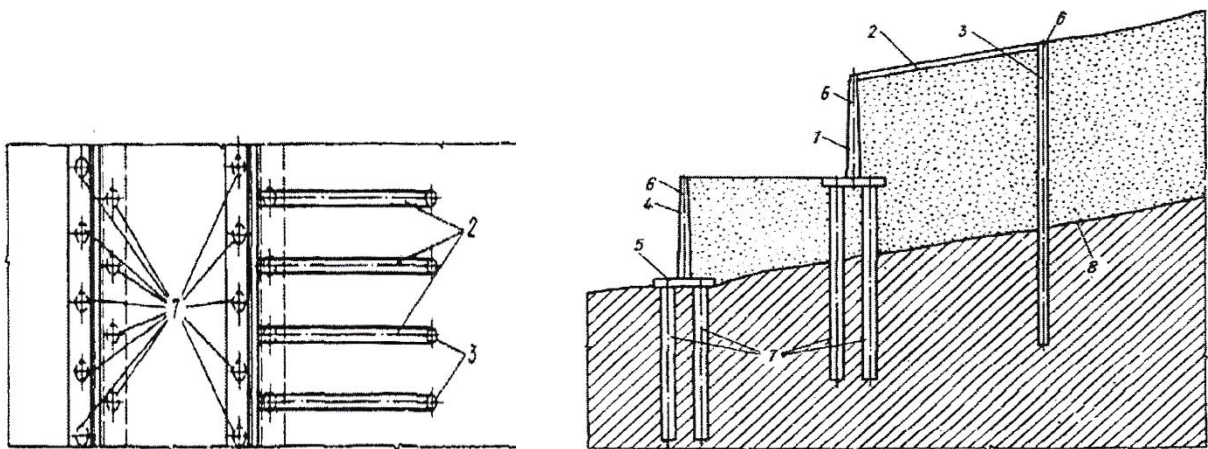


Рис.7.21. Утримуюча протизсувна споруда з системи підпірних стін, об'єднаних зв'язками-розпірками з анкерами:

1 – монолітна залізобетонна закидка; 2 – тяги - зв'язки-розпірки;
 3 – вертикальні анкерні палі; 4 – підпірна стіна; 5 – об'єднуючий ростверк;
 6 – протизсувна утримуюча споруда; 7 – палі; 8 – лінія ковзання

Вид анкерів (вертикальні, похилі, бурові, забивні та інші)

Корені анкерів слід розташовувати за межами можливої призми обвалення ґрунту – для підпірних стін або у масиві ґрунту (що не зміщується), – для протизсувних споруд.

Анкери з розширенням розділяються на такі, що мають розширювач, який входить до конструкції анкера, і анкери з розбурюваним розширенням.

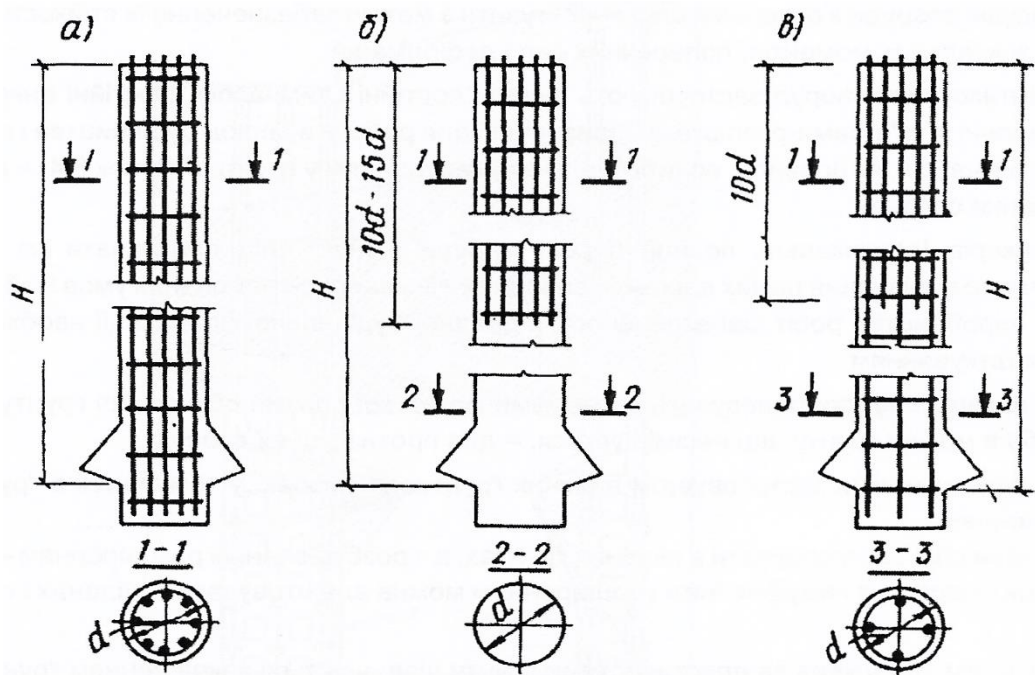


Рис.7.22. Буронабивні палі з рівномірно розподіленим армуванням:

a – із армуванням за всією довжині палі;

б – з укороченим арматурним каркасом;

в – з обірваними арматурними стрижнями

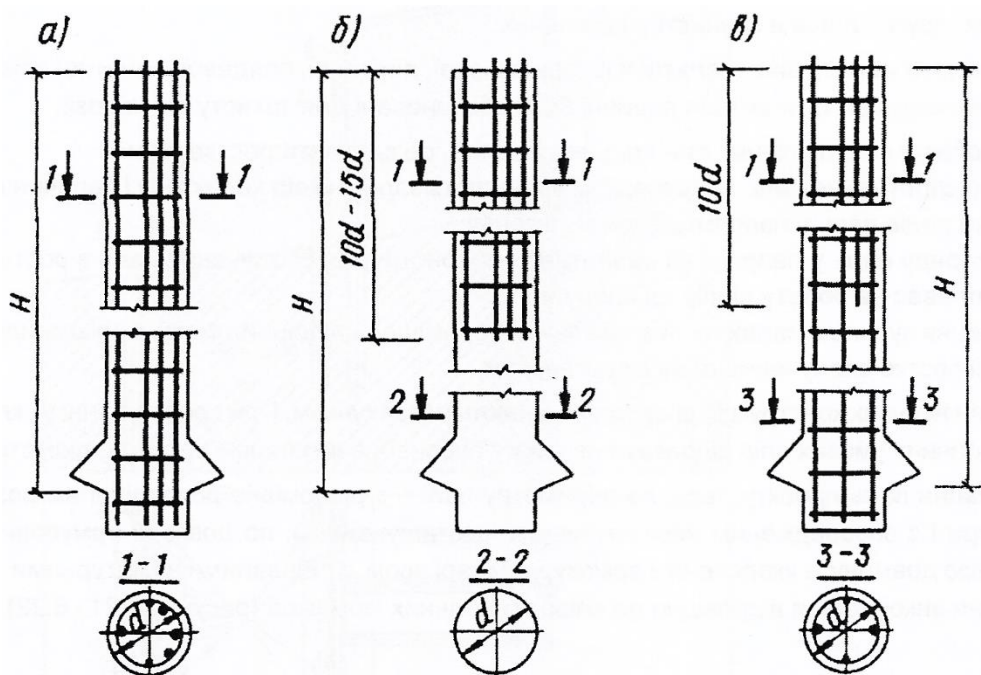


Рис. 7.23. Буронабивні палі із зосередженим несиметричним армуванням:

a – з армуванням за всією довжиною палі;

б – з укороченим арматурним каркасом;

в – з обірваними арматурними стрижнями

Анкери з розширенням застосовуються переважно у піщаних ґрунтах, анкери з розбурюваним розширенням – тільки у глинистих і скельних.

Буроабивні палі підпірних стін необхідно об'єднувати ростверками.

Армування палей проектується наступним чином: по периметру палей – з рівномірно розподіленим розташуванням арматури і зі зосередженим несиметричним розташуванням; за довжиною армування палей може бути: на всю довжину, з укороченим арматурним каркасом, із обірваними арматурними стрижнями. Армування виконується відповідно до епюр згинальних моментів (рис. 7.22 і рис. 7.23).

7.6. Види селевих потоків, умови їхнього утворення та проектування засобів захисту

Селі відносяться до групи геолого-гідродинамічних процесів схилу, характерних для гірського ландшафту. Селевий потік містить від 10 до 70% продуктів уламкових матеріалів гірських порід. У залежності від співвідношення кількості води та твердого матеріалу у сформованих селевих потоках, останні поділяють за структурно-реологічними ознаками на **зв'язні** та **незв'язні**.

У *зв'язному селевому потоці* вільної води немає, тверда фаза переноситься разом із рідиною завдяки гравітації. Щільність зв'язного селевого потоку коливається у межах $1,4\text{--}2,2\text{ т/м}^3$.

У *незв'язному селевому потоці* основні маси води, що не зв'язані ґрунтовими частками, є транспортуючим середовищем для твердої фази потоку, переносять її, відкладаючи і знову втягують в рух при відповідних змінах умов русла. Щільність незв'язного селевого потоку досягає $1,2\text{--}1,5\text{ т/м}^3$.

У залежності від кількості виносу твердого стоку за один сіль вони можуть бути поділені за ступенем безпеки на **три типи**: I – більше 1; II – від 0,5 до 1 та III – до 0,5 млн. м³ твердого стоку.

Матеріали **інженерних досліджень повинні містити**:

→ опис умов формування селей;

- відомості про минулі селеві потоки;
- аерофотозйомки, які характеризують стан селевих басейнів на період проектування та у передньому періоді;
- комплексну та схематичну карту селевих басейнів масштабу 1:25000 або 1:50000;
- фізико-механічні характеристики ґрунтів у селевих осередках, руслових та селевих відкладеннях;
- морфометричні характеристики селевих русел на ділянках розрахункових створів.

Опис умов формування селей повинен містити:

- характеристику літолого-генетичних комплексів порід, які визначають розвиток селевих осередків різноманітного генезису;
- характеристику морфогенетичних та гідрометеорологічних умов басейну, які визначають можливість та масштаби селепроявлень;
- висновок про можливі типи селевих процесів та селевих потоків їхньої масштабності та повторення (табл. 7.1);
- рекомендації про напрямок та характер протиселевих заходів.

Таблиця 7.1.

Масштабність селевих потоків

| Масштабність селевих потоків | Об'єм селевих потоків, м ³ |
|------------------------------|---------------------------------------|
| невеликий | сотні |
| досить великий | тисячі |
| великий | десятки тисяч |
| дуже великий | сотні тисяч |
| величезний | мільйони |
| грандіозний | десятки та сотні мільйонів |

7.7. Розрахунок параметрів селевих потоків

Основні розрахункові характеристики селевих потоків – витрати, об'єм та швидкість течії.

Якщо в процесі досліджень були встановлені мітки минулого високого селю в розрахунковому створі, то за поперечним профілем, поздовжнім схилом поверхні селевого потоку та щільністю селевої маси визначають витрати такого селю:

$$Q = \omega \cdot v, \quad (7.1)$$

де ω – площа живого перерізу русла, m^2 ; v – середня швидкість потоку, m/c ;

$$v = 1,14 \sqrt{h} \cdot \sqrt[3]{I \cdot W}, \quad (7.2)$$

де h – середня глибина живого перерізу в основному руслі, m ;

I – середній ухил русла;

$W = 1 - \frac{S_1}{S_2}$ – коефіцієнт текучості селевої маси.

Для пікової фази потоку значення W не повинно перевищувати 0,050, а для всього селевого потоку – 0,085.

При цьому об'ємна частка твердої фази $S_0 \leq 0,95 \cdot S_2$ (її граничної об'ємної частки, при якій селева маса втрачає властивості текучості).

Якщо розрахунковий створ розміщений у зоні різкого звуження долини або у зоні поздовжнього укусу, який збільшується униз за течією або у зоні зростаючих руслових опорів, швидкість такого селевого потоку знаходять за формулою:

$$v = 3,14 \cdot \sqrt{\frac{h}{a_c}}, \quad (7.3)$$

де a_c – коефіцієнт, який визначається у залежності від коефіцієнта Шезі C за графіком, зображеним на рис. 7.24.

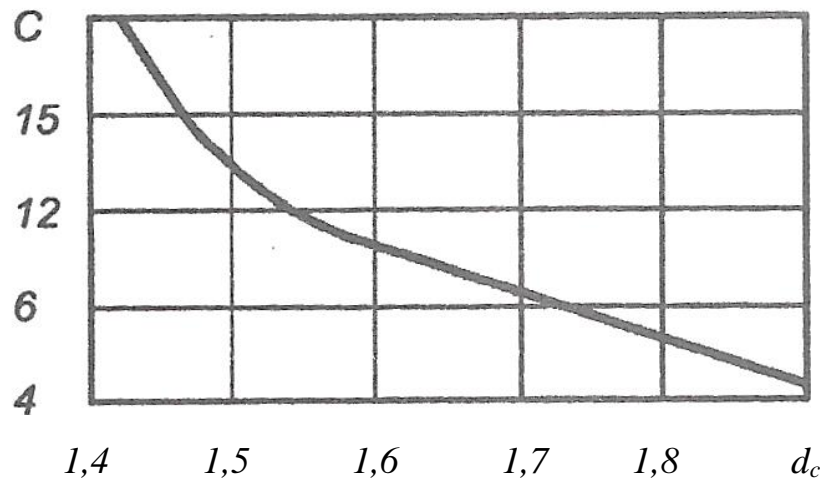


Рис. 7.24. Графік залежності $a_c = f(C)$

За наявності у твердій фазі селевого потоку 7–10% глинистих фракцій ($d < 0,002$ мм) та перевищенні об'ємної концентрації значення $0,85S_2$ може виникнути ламінарний потік.

У цьому випадку швидкість потоку визначається за наступною залежністю:

$$v = 0,001 \cdot h^2 \cdot I < 2,78 \cdot \sqrt{h}. \quad (7.4)$$

Якщо створ розташований на криволіній ділянці,

$$v = K_v \cdot \Delta h_R^{0,56} \cdot \frac{1}{h \cdot l^{1/16}}, \quad (7.5)$$

де K_v – коефіцієнт, який залежить від відношення середнього радіусу повороту русла R_0 до ширини потоку B , приймається за наведеними даними:

| | | | |
|-----------------|------|------|------|
| $\frac{R_0}{B}$ | 2 | 3 | 4 |
| K_v | 3,27 | 4,15 | 4,85 |

У формулі (7.5) Δh_R – перевищення рівня потоку на угнутому березі, м. Умовна ширина B селевого потоку по верху при розрахунковій витраті Q , визначається за формулою:

$$B = \frac{7,1 \cdot Q^{0,40} W^{0,067}}{I^{0,23}}. \quad (7.6)$$

Через відсутність початкових даних для визначення параметрів селей дощового походження розрахункові характеристики заданої ймовірності щорічного перевищення порівнюють із ймовірністю перевищення дощового паводку, який сформував сіль. Крім того, для означеної ймовірності перевищення необхідно визначити можливий середньорічний стік наносів з селеносного басейну.

Максимальні витрати селевого паводку, m^3/c , які сформовані дощовими опадами, з ймовірністю перевищення P , %:

$$Q = g_{1\%} \cdot m_a \cdot \lambda'_p \cdot \left\{ \frac{1}{W} \right\}^{1,08} F, \quad (7.7)$$

де $g_{1\%}$ – модуль максимального дощового стоку з ймовірністю перевищення $P = 1\%$, $m^3/c \text{ км}^2$, визначають за табл. 7.2 у залежності від басейнового часу добігання t та групи гідрологічного району, в якому розміщений водозбір;

Таблиця 7.2

Значення модуля максимального дощового стоку

| Час басейнового добігання, t | 0,10 | 0,20 | 0,50 | 1,0 | 3,0 | 5,0 | 8,0 | 12,0 | 16,0 | 20,0 | 25,0 | 30,0 |
|--------------------------------------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Район: Карпат, Південний берег Криму | 25,0 | 18,5 | 12,0 | 8,3 | 4,53 | 3,23 | 2,28 | 1,64 | 1,28 | 1,05 | 0,85 | 0,72 |

m_a – коефіцієнт, який залежить від групи гідрологічного району розташування водозбору;

λ'_p – перехідний коефіцієнт від селевої витрати забезпеченості $P = 1\%$ до витрати іншої забезпеченості (табл. 7.3).

Таблиця 7.3

Значення перехідного коефіцієнта λ'_p

| Район · Карпа | Площа водозбору, км^2 | Забезпеченість P , % | | | | |
|---------------|--------------------------------|------------------------|-----|---|---|----|
| | | 0,01 | 0,1 | 3 | 5 | 10 |

| | | | | | | |
|--|------------|----------|---------|-----------|-----------|-----------|
| | 1–100 | 4,0–3,23 | 2,2–1,9 | 0,63–0,69 | 0,49–0,57 | 0,33–0,42 |
| | 100 – 1000 | 3,23–2,5 | 1,9–1,7 | 0,69–0,74 | 0,57–0,62 | 0,42–0,49 |

Примітка: при 1%-ній забезпеченості перехідний коефіцієнт приймається для всіх груп рівним 1,0.

Для районів Карпат та Південного берегу Криму

$$m_a = \frac{H_{1\%}}{250}, \quad (7.8)$$

де $H_{1\%}$ – максимальна кількість добових опадів імовірністю P 1%, що визначається за БН 435–72.

Значення m_a не повинні прийматися більше 1,25 та менше 0,75.

Басейновий час добігання визначається за формулою:

$$t = \frac{L}{245\sqrt{I}}, \quad (7.9)$$

де L – довжина селеносного русла за основним тальвегом від водорозділу до розрахункового створу, км.

Об'єм селевого паводка (тверда та рідинна фази), яка відповідає максимальній селевій витраті, визначається залежністю:

$$W = W_g \cdot \psi_\omega, \quad (7.10)$$

де W_g – об'єм рідинної витрати, який визначається за нормами, m^3 ;

ψ_ω – коефіцієнт селенасиченості, осереднений за розрахунковою хвилю селевого паводка.

Значення коефіцієнта селенасиченості обчислюють за формулами:

а) якщо задана середня для хвилі селевого паводку об'ємна концентрація твердого матеріалу у селевій масі S :

$$\psi_\omega = \frac{1}{1 - (S/S_2)}, \quad (7.11)$$

б) якщо задані параметри η та C , які характеризують селеносність та стійкість русла,

$$\psi_{\omega} = \frac{1}{1 - 1,065 \cdot S_2^{0,25} \cdot (\eta \cdot C)^{1,25}}, \quad (7.12)$$

в) якщо заданий перехідний коефіцієнт від максимальних водних до максимальних селевих витрат ψ_{ρ} ,

$$\psi_{\omega} = \frac{1}{1 - 1,065 \cdot S_2^{0,25} \cdot \left(1 - \frac{I \cdot Q}{\psi_a}\right)^{1,25}}, \quad (7.13)$$

де $S = 1,065 \cdot S^{1,25}$ (S – об’ємна частка твердого матеріалу у селевій масі на піковій фазі паводка);

$$S = S_2 \cdot \eta \cdot C; \quad (7.14)$$

$$\eta \cdot C \leq 0,95. \quad (7.15)$$

Повний середньорічний стік визначають за даними натурних топографічних зйомок шляхом зіставлення планів конуса виносу у горизонталях, які були зняті в різні роки та приведені до однієї й тієї системи висотних відміток.

За відсутністю даних топографічних зйомок конусів виносу об’єм середньорічного твердого стоку обчислюють за формулою:

$$W_T = k_T \cdot W_{T,2\%}; \quad (7.16)$$

де $W_{T,2\%}$ – об’єм твердого стоку у щільному тілі селевого потоку з ймовірністю перевищення $P = 2\%$, m^3 ;

k_T – коефіцієнт переходу від ймовірності перевищення 2% одиничного паводка до середньої кількості паводків за рік.

Таблиця 7.4

Значення коефіцієнта k_T

| | | | |
|-----------------------------------|------|------|------|
| Середня кількість паводків за рік | 1 | 2 | 3 |
| k_T | 0,16 | 0,19 | 0,20 |

Для невивчених районів допускається визначати величину середньорічного твердого стоку в щільному тілі з 1 км² площі водозбору за нижченаведеними у табл. 7.5 даними.

Таблиця 7.5

Кількісні показники середньорічного твердого стоку

| Басейни | Середньорічний твердий стік із 1 км ² площі водозбору, тис. м ³ |
|--|---|
| досить сильноеродовані з катастрофічною діяльністю | до 3,6 |
| сильноеродовані з інтенсивною селевою діяльністю | 1,8 – 2,0 |
| середньоеродовані | 0,9 – 1,2 |

7.8. Організаційно–господарські заходи

До **профілактичних заходів** відносяться: боротьба з ерозією ґрунтового покриву та регулювання стоку в межах водозбірного басейну.

Агротехнічні, фіто- і лісомеліоративні заходи передбачають травосіяння та лісосадіння на селеносному водозборі.

Для попередження руйнування рослинного покриву проводять **організаційно-господарські заходи**, що передбачають правильне використання гірських полонин, ведення лісового господарства на сучасному науково-технічному рівні, а також проведення руйнування покривної товщі схилів масовими вибухами у період будівництва, відвал відроблених гірничорудних порід на крутих ділянках схилів та русел.

Меліоративно-технічні заходи направлені на регулювання стоку на ерозійних схилах шляхом влаштування водознижувальних траншей, нагірних каналів, дренажів, зливовідводів та переведення частини поверхневого стоку у підземний.

Розробка комплексних протиселевих заходів (табл. 7.6) проводиться на основі результатів дослідження механізму утворення селів у даному районі, розрахунку параметрів селевих потоків та аналізу застосування різноманітних засобів інженерного впливу на селевий процес.

Таблиця 7.6

Протиселеві захисні споруди

| Ознаки споруд | | Основні види протиселевих захисних споруд |
|----------------------|-----------------------|---|
| за призначенням | за місце-знаходженням | |
| А. Селезатримувальні | руслові | греблі бетонні, залізобетонні та кам'яні |
| Б. Селепропускні | | водоскидні наскрізні глухі греблі з ґрунтових матеріалів |
| В. Селенапрямні | | канали; селеспуски; мости; дамби напрямні та огорожувальні; шпори; загати |
| Г. Стабілізувальні | схилеві | тераси; тераси-канали; канали нагірні та водоскидні; підпірні стінки; дренажні пристрої |

7.9. Улаштування регулювальних споруд на схилах та в руслах

Селезатримувальні споруди, які утворюють селесховища, передбачаються для захисту важливих народногосподарських об'єктів із метою затримання селевого потоку в верхньому б'єфі.

Конструкції окремих типів водоскидів та водовипусків для селезатримувальних споруд, показані на рис. 7.25.

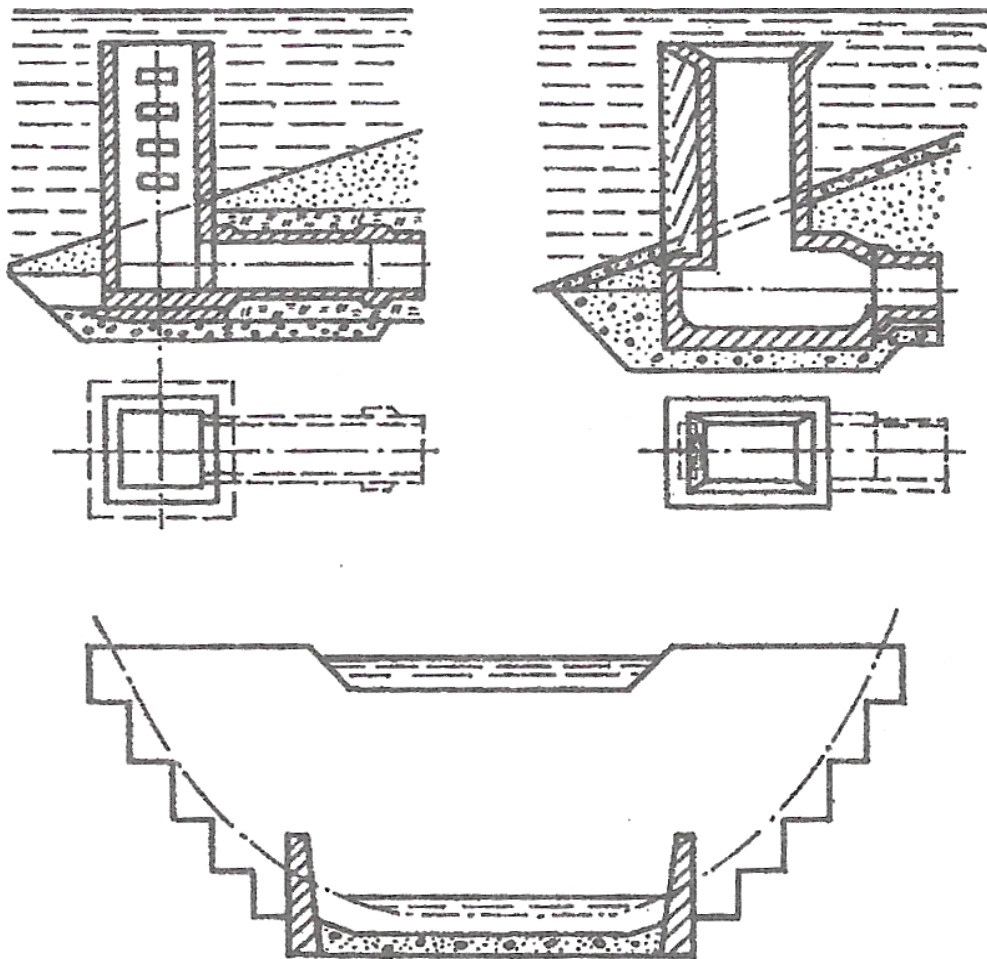


Рис. 7.25. Типи водоскидів та водовипусків селестримувальних і селерегулювальних споруд

Гідравлічний розрахунок крізних селестримувальних гребель зводиться до визначення вертикальних розмірів створів, які забезпечують затримання фракцій заданого розміру твердої фази селю (рис. 7.26).

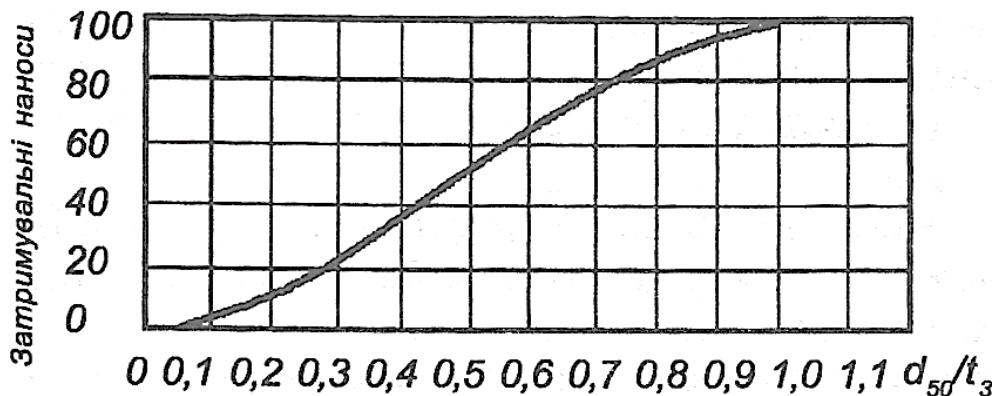


Рис. 7.26. Графік для розрахунку селеуловлювачів:

d_{50} – середній розмір транспортуючих наносів;

t_3 – середній вертикальний розмір отвору в греблі

7.10. Селепропускні споруди

До складу селепропускних споруд входять селеспуски, селенапрямні, селеподібні, селевідбійні і селеукріплювальні споруди.

Основні *види селепропускних споруд*:

→ *канали* – для пропуску селевого потоку через населені пункти, промислові підприємства та інші об'єкти;

→ селеспуски та мости – для пропуску селевого потоку через лінійні об'єкти (автомобільні дороги, залізниці, нафтопроводи та інше) під ними в залежності від топографічних умов.

Розміри селепропускних споруд із вхідними і вихідними ділянками, а також розміри відповідного тракта повинні призначатися з умови забезпечення пропускної здатності транспортного потоку через споруди, при цьому:

– *ухил* для споруд приймається не менше середнього ухилу необхідної ділянки селевого русла, довжина якого приймається не менше двадцяти одиниць ширини селевого потоку;

– *ширина* споруд приймається рівною середній ширині селевого русла, при необхідності зменшення ширини споруди її розмір повинен забезпечити безперешкодний пропуск найтвердіших включень із відповідними напрямними пристроями;

– *поздовжню вісь* селепропускної споруди необхідно суміщати з динамічною віссю селевого потоку;

7.11. Влаштування селенапрямних споруд

Селенапрямні споруди передбачаються для направлення потоку в селепропускні отвори, відведення селевого потоку від об'єкта захисту або запобігання підмиву захищеної території.

Відстань між шпорами, їх довжина і кут завороту за рухом селевого потоку призначаються на підставі модельних досліджень або за аналогією.

7.12. Влаштування стабілізуючих споруд

Стабілізуючі споруди являють собою каскад селестримувальних загат, що не лише затримують селевий потік, а також стабілізують русло, перетворюючи його з однорідного крутого в переривчасту та пологу з стійкими ухилами ділянцю. Загати повинні бути масивної конструкції, що витримують більші динамічні навантаження (рис. 7.27).

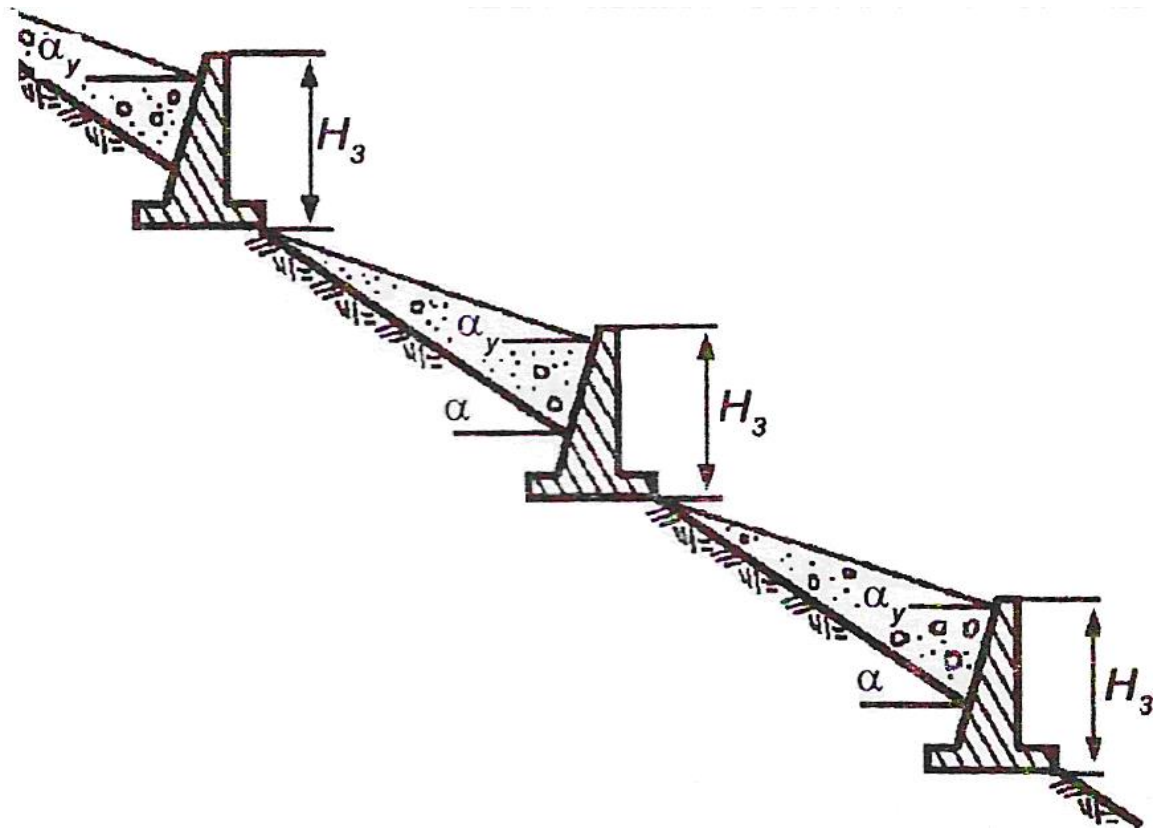


Рис. 7.27. Влаштування загат у селетранспортуючому руслі

Відстані між загатами розраховуються за наступною залежністю:

$$L = \frac{H_3}{\operatorname{tg} \alpha - \operatorname{tg} \alpha_3}, \quad (7.18)$$

де H_3 – висота загати над дном русла, м; $\operatorname{tg} \alpha$ – природний ухил русла перед загатою; $\operatorname{tg} \alpha_3$ – зрівнювальний ухил відкладень наносів перед загатою, що приймається $0,7 \cdot \operatorname{tg} \alpha$.

При ухилах, менших за критичні, рух твердої фази потоку припиняється.

**Значення критичних ухилів
при різноманітних характеристиках селевого потоку**

| Потік | Значення критичних ухилів |
|---|---------------------------|
| Незв'язні селеві потоки | |
| → уламковий матеріал крупністю, <i>м</i> : | |
| – понад 0,5 | 0,06 – 0,07 |
| – 0,2–0,4 | 0,03 – 0,04 |
| – 0,1–0,2 | 0,02 – 0,025 |
| → галькові фракції крупністю: 0,03–0,04 <i>м</i> | |
| 0,01 – 0,015 | |
| Зв'язні селеві потоки | |
| селева маса розрахункової в'язкості, Па с: | |
| → менше 2,0 0,05–0,06 | 0,05 – 0,06 |
| → понад 2,5 0,03–0,04 | 0,03 – 0,04 |

Мінімальні відстані між загатами, які задовольняють вищевикладеним вимогам, для різноманітних русел:

| Мінімальні відстані між загатами, м | |
|---|----------|
| Потужні селі глибиною 2 <i>м</i> , які транспортують уламки крупністю 0,5 – 0,6 <i>м</i> при розрахунковому ухилі, <i>м</i> | |
| $i < 0,05$ | 80 – 120 |
| $i > 0,05$ | 60 – 80 |
| Селі невеликої глибини, які транспортують уламки крупністю не більше 0,5 <i>м</i> при розрахунковому ухилі, <i>м</i> | |
| $i > 0,05$ | 50 – 60 |
| $i < 0,05$ | 40 – 50 |

Загати проектують із водовипусками крізного типу або з отворами по всій висоті споруди. Як загати, можуть бути застосовані бетонні підпірні стіни, ряжі із збірного залізобетону або сітчасті металеві конструкції.

Припустимі радіуси кривизни R та величини центральних кутів повороту закрути φ залежать від щільності селю γ :

| | | | |
|------------------------|-------|---------|------|
| $\gamma, \frac{m}{m}$ | 1,2 | 1,2–1,6 | 1,6 |
| $\frac{R}{B}$ | 4–6 | 6–8 | 8,0 |
| $\varphi, \text{град}$ | 30–20 | 20–10 | 10,0 |

Найважливішим засобом попередження виникнення селевих потоків на ухилах є їхнє терасування. Тераса являє собою сплановану ділянку схилу, яка складається з виїмки (канави) та валу, утвореного з ґрунту виїмки.

Відстані між канавами терас можна визначити за припустимою швидкістю у кінці майданчика за формулою А.Н. Костякова:

$$v_L = m\sqrt{c \cdot l \cdot \varphi \cdot h}, \quad (7.19)$$

де m – модуль, що характеризує порізаність поверхні схилу вимоїнами (у лісомеліоративній практиці приймається $m = 2$);

c – коефіцієнт, що залежить від ухилу місцевості та шорсткості;

l – відстань між терасами за схилом місцевості, m ;

φ – коефіцієнт стоку;

h – інтенсивність дощу, m^3/c .

Тераси слід розташовувати вздовж схилу.

Якщо тераси поглинають стік цілком, то вздовж схилів влаштовують зливовідводи, по яких вода надходить у поглинаючі природні або штучні воронки та виїмки, які можуть бути влаштовані вибуховим засобом.

На крутих ділянках ухилів встановлюють зливоспуски, закріплені каменем, швидкотоки або перепади.