

Міністерство освіти і науки України
Чернівецький національний університет
імені Юрія Федьковича

ІНЖЕНЕРНИЙ ЗАХИСТ ТЕРИТОРІЙ

Конспект лекцій

Укладачі: ***В. В. Полевецький, Ю. Т. Собко***



Чернівці

Чернівецький національний університет
імені Юрія Федьковича

2024

УДК 624.131.37 (075.8)

I-62

I-62 **Інженерний захист територій** : консп. лекцій / укл.:
В. В. Полевецький, Ю. Т. Собко. Чернівці : Чернівець. нац.
ун-т ім. Ю. Федьковича. 2024. 68 с.

Конспект лекцій присвячений ключовим питанням інженерного захисту територій. Висвітлені способи та стадії будівництва та проектування, заходи з охорони праці, охорона навколишнього середовища.

Для студентів 5 курсу освітнього рівня «магістр» спеціальності 192 *Будівництво та цивільна інженерія*

УДК 624.131.37 (075.8)

© Чернівецький національний університет
імені Юрія Федьковича, 2024 р.

ЗМІСТ

ЛЕКЦІЯ 1. ВСТУП ДО КУРСУ. СКЛАДНІ ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНІ УМОВИ. КОРОТКА ХАРАТЕРИСТИКА . РЕГІОНАЛЬНІ ОСОБЛИВОСТІ. НОРМАТИВНА БАЗА В БУДІВНИЦТВІ ЩОДО ІНЖЕНЕРНОГО ЗАХИСТУ ТЕРИТОРІЙ 5

- 1.1. Вступ до курсу 5
- 1.2. Складні інженерно-геологічні умови.
Коротка характеристика. Регіональні особливості.... 6
- 1.3. Нормативна база в будівництві щодо інженерного захисту територій. 11

ЛЕКЦІЯ 2. СХИЛОВІ ПРОЦЕСИ. ОСНОВНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗСУВНИХ ПРОЦЕСІВ, ТЕРМІНИ. КЛАСИФІКАЦІЯ ЗСУВІВ 13

- 2.1 Схилкові процеси 13
- 2.2 Основні характеристики зсувних процесів. Терміни.. 14
- 2.3 Класифікація зсувів 16

ЛЕКЦІЯ 3. ФАКТОРИ ЗСУВНИХ ПРОЦЕСІВ. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ ЗАХИСТУ ТЕРИТОРІЙ СХИЛІВ. ОСНОВНІ РОЗРАХУНКОВІ ПОЛОЖЕННЯ 21

- 3.1 Фактори зсувних процесів 21
- 3.2 Загальні положення захисту територій схилів..... 24
- 3.3 Основні розрахункові положення 27

ЛЕКЦІЯ 4. ВИДИ ПРОТИЗСУВНИХ СПОРУД І ЗАХОДІВ. УТРИМУЮЧІ СПОРУДИ.ЗМІНА РЕЛЬЄФУ СХИЛУ. РЕГУЛЮВАННЯ СТОКУ ПОВЕРХНЕВИХ І ПІДЗЕМНИХ ВОД. АГРОЛІСОМЕЛІОРАЦІЯ. ЗАХИСНІ ПОКРИТТЯ І ЗАКРІПЛЕННЯ ГРУНТІВ..... 33

- 4.1 Види протизсувних споруд і заходів 33
- 4.2 Утримуючі споруди. 34

4.3	Зміна рельєфу схилу. Регулювання стоку поверхневих і підземних вод	37
4.4	Агролісомеліораці. Захисні покриття і закріплення грунтів	49
ЛЕКЦІЯ 5. КОНСТРУКТИВНІ РІШЕННЯ ПІДПІРНИХ СТІН ВИДИ І КОНСТРУКЦІЇ ПІДПІРНИХ СТІН		51
5.1	Види і конструкції підпірних стін.....	51
5.2	Розрахунок підпірних стін.	58
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....		64

ЛЕКЦІЯ 1.

ВСТУП ДО КУРСУ. СКЛАДНІ ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНІ УМОВИ. КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА РЕГІОНАЛЬНІ ОСОБЛИВОСТІ. НОРМАТИВНА БАЗА В БУДІВНИЦТВІ ЩОДО ІНЖЕНЕРНОГО ЗАХИСТУ ТЕРИТОРІЙ

1.1 Вступ до курсу.

Охорона природи та раціональне використання природних ресурсів є одним з найважливіших завдань суспільства. Обмеженість земельних ресурсів, широке розповсюдження сучасних екзогенних процесів і наслідки, викликані ними, потребують вдосконалення методів інженерного захисту територій.

Ріст міст і міського населення набули характеру глобального процесу. Активізувались урбанізація, агро меліорація, укрупнення міст. Міста і промислові центри стають основним середовищем проживання і життєдіяльності людини. Для будівництва потрібно освоювати нові землі, до яких при відповідній інженерній підготовці можуть бути включені території зі складними інженерно-геологічними умовами. До них відносять схилі території, ділянки на берегах рік, морів і водосховищ. Береги, що зазнають абразії, території, які затоплюють паводкові води, ділянки, підтоплені ґрунтовими водами, а також такі, що складені слабкими ґрунтами, крім того, гірські виробки, карст і т. д. .

На території Чернівецької області значного поширення набули зсувні прояви, вони тут займають більше 9% площі (найбільший показник по Україні). Карстові явища є в Заставнівському, Кіцманському та Новоселицькому районах. У 2008 році паводком було затоплено приблизно 30% території краю. Просідачі та набрякливі ґрунти поширені практично по всій області. Підтоплення, абразія, ерозія, утворення ярів характерне для всього регіону.

Питання захисту територій і об'єктів від несприятливого впливу екзогенних процесів, а також інженерної підготовки територій зі складними інженерно-геологічними умовами в загальному випадку вирішується на основі техніко-економічного порівняння варіантів:

- комплексу споруд та заходів, що дозволяють повністю закріпити ділянку будівництва і усунути вплив несприятливих впливів при подальшому її освоєнні;
- окремих захисних споруд для захисту одиничних об'єктів з розміщенням на решті території систем сповіщення для прийняття своєчасних заходів щодо попередження катастрофічних наслідків від розвитку екзогенних процесів;
- спеціальних фундаментів, конструкцій будівель і споруд, що забезпечують їх збереження при впливі несприятливих інженерно-геологічних факторів і екзогенних процесів.

1.2 Складні інженерно-геологічні умови. Коротка характеристика. Регіональні особливості.

Всі сучасні геологічні процеси поділяються на поверхневі (екзогенні) і глибинні (ендогенні). Поверхневі процеси викликані силами і впливами, спрямованими на верхні шари порід та обумовлені силою тяжіння, гідродинамічними впливами води, вивітрюванням і т. д. Глибинні процеси відбуваються під впливом внутрішніх сил Землі. До них відносять формування і рухи земної кори, магматичні, метаморфічні, геотермічні і інші процеси.

У цьому курсі ми будемо розглядати в основному екзогенні геологічні процеси та інженерно-геологічні процеси, що ускладнюють освоєння територій внаслідок їх прямого впливу на основи споруд або створюють специфічні умови поблизу поверхні землі.

Екзогенні геологічні процеси за домінуючим одного з силових полів поділяють на гравітаційні (зсуви, обвали, лавини, осипи) процеси, викликані дією поверхневих вод (ерозія, абразія, утворення ярів, заболочення, селі), підземних вод (карст, суфозія, пливуні) та вітру (еолові процеси, перенос пісків), а також фізико-хімічні впливи (вивітрювання, морозні деформації і т. д.).

Гравітаційні процеси розвиваються на схилах і відкосах. Інтенсивність їх розвитку залежить від крутизни і висоти схилу, а також його конфігурації. Міцність порід, що складають схил, визначають його граничний ухил, який може зберігатись протягом певного часу (рис 1.1). Вплив поверхневих вод на породи проявляється так: на берегах водосховищ і морів відбувається інтенсивна зміна берегів внаслідок хвильової абразії. Швидкість абразії залежить від інтенсивності хвильового впливу, конфігурації підводного схилу берега і складу порід.



Рисунок 1.1. Зсув в с. Черногузи (грудень 2008р.)

У Чернівецькій області вплив поверхневих вод має свою регіональну специфіку, що пов'язана в основному з кліматичними особливостями, розташуванням поблизу Карпат. Річна норма опадів у середньому 600-700 мм на рік. Водночас під час паводку 2008 року за три доби випало майже 310 мм, у 2007 за два дні – 100 мм, у 1969 році в районі річки Клокучки у

місті Чернівці за одну зливу (4-5 год.) – 222 мм. Тому значного поширення набули процеси абразії берегів та донна ерозія на річках в результаті зливових опадів. Наприклад, в селі Кам'янка Глибоцького району р. Кам'янка врізалась у 2010 р. приблизно на 0,5 м (рис.1.2).



Рисунок 1.2. Зсув та донна ерозія в с. Кам'янка (листопад 2010р.)

На гірських схилах при значних ухилах русла тимчасових водотоків, складених пухкими матеріалами, інтенсивний стік сприяє формуванню селів. При відсутності схилового стоку в зонах помірного клімату утворюються болота (Волинь).

Підземні води поширені по всій території України. На ділянках, де залягають розчинні гірські породи (гіпсоангідрити, вапняки) і підземні води знаходяться у русі, породи вимиває і утворюються порожнечі. На поверхні таких ділянок виникають воронки, впадини і провали. Такі процеси називають карстом. Особливо поширені вони у Кіцманському, Заставнівському,

Новоселицькому району: у селах Киселів, Борівці, Кадубівці, Подвірне, Мамалига (рис.1.3.) та ін.



Рисунок 1.3. Карстовий провал на перегоні Новоселиця-Мамалига(жовтень 2021 р.)

Підземні води, що містять гумінові кислоти, хлориди, сірководень, сульфати та агресивну вуглекислоту є агресивними до підземних частин будівель і споруд. Процес вимивання дрібних частинок з масиву гірської породи з відповідними явищами (просідання поверхні ґрунту, утворення воронки, ніш тощо) називається суфозією, яку поділяють на механічну і хімічну. При механічній суфозії відбувається винесення дрібних частинок породи. Якщо це винос з масиву породи на ділянці, де рухається з певною швидкістю підземний фільтраційний потік, таке явище називається підземною суфозією. Механічна суфозія поширена в передгірських та гірських районах Чернівецької області в піщаних ґрунтах. Більш поширена контактна суфозія,

при якій винос дрібних частинок відбувається в зоні контакту породи з більшими порами. Контактна суфозія може розвиватись на ділянці виклинювання фільтраційного потоку на схилі (зсуви течії, рис. 1.4). При хімічній суфозії відбувається винос частинок породи як розчину.



Рисунок 1.4. Зсув-течії в гірській місцевості (листопад 2021 р.)

Пливунні прояви характерні для порід певного гранулометричного складу, що перебувають у водонасиченому стані. Крім гранулометричного складу, на пливунні властивості впливає мінералогічний склад, градієнт фільтраційного потоку, вивітрювання і динамічні впливи. При підйомі рівня підземних вод змінюються фізико-механічні властивості порід, виникають додаткові силові навантаження на них – зважаючи і гідродинамічний тиск, що може призвести до розвитку просідань і зсувів частинок.

1.3 Нормативна база в будівництві щодо інженерного захисту територій.

Згідно з ДБН А.1.1-1-93 “Система стандартизації та нормування в будівництві. Основні положення” питання інженерного захисту територій відносять до класу В – технічні норми, правила і стандарти, підкласу В.1 – загальнотехнічні вимоги до життєвого середовища та продукції будівельного призначення, комплексу В.1.1 – захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі.

Основним нормативним документом щодо питань інженерного захисту є ДБН В.1.1-24:2009 “Захист від небезпечних геологічних процесів. Основні положення проектування” Він поширюється на проектування споруд і заходів з інженерного захисту територій, будівель і споруд від шкідливої (руйнівної) дії небезпечних геологічних процесів (затоплення, підтоплення, ерозії та розмиву берегів водотоків та водойм, абразійних руйнувань морських берегів, переформування берегів водосховищ, карсту, суфозії, селевих потоків, снігових лавин, схилових гравітаційних процесів – зсувів, обвалів і їх поєднання, далі – інженерний захист).

Інженерний захист територій, будівель і споруд від небезпечних геологічних процесів повинен виключити виникнення аварійних ситуацій і забезпечити:

загальну стійкість об'єктів і територій при основному та аварійному сполученнях навантажень;

нормативні медико-санітарні умови проживання населення, санітарно-гігієнічні, соціальні, рекреаційні умови територій, яку захищають;

надійне функціонування об'єктів, розміщених на цих територіях;

збереження природних ландшафтів, заповідних зон, об'єктів природної та культурної спадщини, зон відпочинку тощо;

належне архітектурне оформлення об'єктів захисту;

- охорону навколишнього природного середовища, раціональне використання земель і природних ресурсів, об'єктів, які захищають;

- найбільш повне використання місцевих будівельних матеріалів і природних ресурсів;

- виконання будівельних робіт при вжитті заходів інженерного захисту повинно бути безаварійним, безпечним і має виключати виникнення небезпечних нових і (або) активізацію діючих геологічних процесів на прилеглих територіях. Споруди інженерного захисту повинні функціонувати в екстремальних умовах. Якщо споруди і заходи інженерного захисту можуть чинити негативний вплив на ці території (заболочування, руйнування берегів, утворення і активізація зсувів тощо), в проектах необхідно передбачити відповідні компенсаційні заходи.

Заходи щодо інженерного захисту територій, будівель, споруд і охорони навколишнього середовища необхідно проектувати комплексно, з урахуванням прогнозу змін природних умов, пов'язаних зі зведенням об'єктів захисту і освоєнням території. За наявності різних видів небезпечних геологічних процесів заходи інженерного захисту потрібно розробляти з урахуванням усіх небезпечних факторів і особливостей роботи інженерних споруд монотипної дії.

ДБН В.1.1-45:2017 “Будівлі і споруди в складних інженерно-геологічних умовах. Загальні положення” встановлюють загальні вимоги для будівництва при геотехнічних впливах у складних інженерно-геологічних умовах, що проявляються у вигляді деформацій основи і земної поверхні протягом встановленого терміну експлуатації з можливістю поєднання кількох впливів.

Питання захисту від зсувних процесів висвітлено в ДБН В.1.1-46:2017 “Захист від небезпечних геологічних процесів. Інженерний захист територій будинків і споруд від зсувів та обвалів. Основні положення” та настанові до нього ДСТУ-Н Б В.1.1-37:2016 «Настанова щодо інженерного захисту територій, будівель і споруд від зсувів та обвалів».

ДБН В.1.1-25:2009 “Захист від небезпечних геологічних процесів. Інженерний захист територій та споруд від

підтоплення та затоплення” та настанова до нього ДСТУ-Н Б В.1.1-38:2016 «Настанова щодо інженерного захисту територій, будівель і споруд від підтоплення та затоплення» регламентує положення щодо захисту від підтоплення та затоплення.

Захист від карстових проявів нормується настановою ДСТУ-Н Б В.1.1-41:2016 «Настанова щодо проектування будівель і споруд на закарстованих територіях».

ВБН В.2.4-33-2.3-03-2000 “Регулювання русел річок. Норми проектування” та посібник до нього “Вказівки щодо захисту земель, порушених водною ерозією. Габіонні конструкції протиерозійних споруд” поширюються на проектування нових і реконструкцію діючих захисних і регуляційно-виправних споруд при регулюванні русла річок з метою безаварійного пропуску паводкових витрат, захисту населених пунктів, підприємств, земель різного призначення від затоплення та підтоплення, а також захисту берегів від руйнування.

ВНД 33-5.5-14-03 «Річки гірські. Регулювання русел та догляд» визначає порядок виконання робіт з регулювання, нагляду та догляду за руслами гірських річок і спорудами інженерного захисту на них.

ЛЕКЦІЯ 2.

СХИЛОВІ ПРОЦЕСИ. ОСНОВНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗСУВНИХ ПРОЦЕСІВ, ТЕРМІНИ. КЛАСИФІКАЦІЯ ЗСУВІВ.

2.1. Схилкові процеси.

На схилах розвиваються гравітаційні процеси, а також процеси, що пов’язані з дією поверхневих вод. В залежності від крутизни розрізняють обвальні (крутизна 45-50°), осипні (30-60°), зсувні схили (4-30°). Лавини виникають на схилах, крутизна котрих перевищує 15-30°. Селі розвиваються на гірських схилах, що складені в поверхневій частині пухкими та уламковими породами. Сила руйнівної дії селевого потоку визначається швидкістю його руху, об’ємом матеріалу, що рухається, складом і насиченістю потоку твердим матеріалом.

По насиченню твердим матеріалом селі поділяють на зв'язні, структурні та незв'язні. Зв'язні селеві потоки мають найбільшу об'ємну масу, володіють найбільшою руйнівною силою. Швидкість селевих потоків залежить від ухилу русла або тальвегів по яких вони рухаються і може сягати до 8 м/с. Найбільше ж труднощів при освоєнні території зі всіх схилових процесів створюють зсуви.

Комплекс питань, що виникають при освоєнні зсувних територій, залежить від степені прояву зсувних процесів і зводиться до:

1. До визначення коефіцієнту стійкості ділянки, що вивчається, його змін при можливих змінах гідрогеологічних умов, при додатковому навантаженні, підрізці тощо.;
2. До визначення форми зсувних деформацій при можливій втраті стійкості схилу, глибини розміщення поверхні ковзання або зони деформованого горизонту і швидкості зміщення зсувних мас.

2.2. Основні характеристики зсувних процесів.

Терміни.

Словом “**зсув**” називають як процес, подію (“зсув відбувся такого числа”), так і геолого-морфологічне утворення або явище як результат процесу (“на ділянці схилу виявлено древній зсув”)

Зсув – це зміщення на більш низький рівень частини гірських порід, що складають схил, в результаті ковзання, в основному без втрати контакту між породами, які рухаються і нерухомими породами. Рух **зсуву** починається в результаті порушення рівноваги схилу і продовжується до досягнення нового стану рівноваги.

Зсувний процес володіє рядом характерних властивостей:

1. Зсувний процес не є стаціонарним процесом з постійними (в середньому) протягом тривалого часу характеристиками в кожній точці простору. Як правило, він має чітко виражені початок та

- кінець і проходить через різко відмінні стадії і фази розвитку. Тільки інколи протягом окремих фаз його розвитку встановлюється на деякий час квазістаціонарний стан, що відображає динамічну рівновагу між факторами, які порушують рівновагу, та зсувними зміщеннями;
2. Виникнення нового зсуву відбувається в той момент, коли істинний коефіцієнт стійкості схилу по даній потенціальній поверхні ковзання вперше за всю історію існування схилу досягає величини, рівній одиниці;
 3. Величина зсувного зміщення в результаті кожного акту порушення рівноваги схилу є скінченою та обмеженою;
 4. Якщо зсувне зміщення на одному і тому ж схилі повторюється, це відбувається внаслідок нового порушення рівноваги, що досягнуто схилом в результаті попереднього зсувного зміщення;
 5. Зсувний процес є незворотнім, стан, що існував до зсуву ніколи не відновлюється. Маси, які змістились, ніколи в природі на верх не підіймаються. Після зсувного зміщення схил отримує другі геометричні характеристики і внутрішню будову, а повтор зсувного циклу відбувається в другій масі порід і займає друге місце в просторі (відносно поверхні землі).

Об'єм і зміст поняття "зсувний цикл" залежить від того, чи являє собою утворення зсуву разове явище або ж воно багато разів повторюється, захоплюючи кожен раз новий об'єм раніше нерухомих мас. Якщо утворення зсуву є разовим явищем, під зсувним циклом розуміють весь комплекс явищ від підготовки зсуву до повного припинення зсувних деформацій на схилі. Якщо ж на схилі багаторазово утворюються нові зсуви, всі явища на зсувному схилі, відрізняючись в деталях, в своїх основних рисах також закономірно повторюються, причому підготовка наступного зсуву співпадає в часі з заключними фазами розвитку попереднього зсуву. В даному випадку під зсувним циклом необхідно розуміти повний комплекс явищ, що

повторюються, і таких які включають утворення нового зсуву першого порядку.

Під стадіями зсувного процесу розуміють частини зсувного циклу, під фазами – частини стадій. Саваренський Ф.П. виділяв наступні три стадії:

1. Підготовка зсуву;
2. Зсувне зміщення;
3. Наступне життя схилу і зміщених мас.

Під терміном “тіло зсуву” необхідно розуміти масу гірських порід, що знаходяться в русі або зміщені в результаті одного зсувного руху.

Слід розрізнити “поверхню відокремлення” та “поверхню ковзання” зсуву. Поверхня відокремлення зсуву – це поверхня по якій відбувається порушення суцільності порід при його утворенні. У верхній частині поверхні відокремлення звичайно долається опір розтягу і ця частина не є поверхнею ковзання. В свою чергу, поверхня ковзання є не тільки відповідною частиною поверхні відокремлення, але й частиною поверхні схилу або його підніжжя ,на яку насуваються зсувні маси.

Пересічення поверхні відокремлення і ковзання з поверхнею землі дає характерні граничні лінії зсувного рельєфу, що окреслюють “зсувний цирк”.

Довжину і ширину зсувів необхідно завжди вимірювати в одному напрямку: довжину – в напрямку зміщення, а ширину – паралельно подошві схилу.

2.3. Класифікація зсувів.

Існує багато класифікацій зсувних схилів як по окремим ознакам так і по генезису, наприклад:

- 1.Класифікація А.П. Павлова (1903) – по характеру розвитку зміщення;
2. Класифікація К.І. Богдановича (1911) – по характеру захвату гірських порід;
- 4.Класифікація по структурі зсувного схилу і положенню поверхні зміщення Ф.П. Саваренського (1934);

5.Класифікація по віку і фазах розвитку І.В. Попова (1946).

6. Класифікація А. М. Дранікова по глибині захвату товщі.

Щодо класифікацій А.П. Павлова то ним виділялось два типи схилів по характеру розвитку зміщення:

- Деляпсивні (ковзаючі) – зсуви, що виникають в нижній частині схилу і поширюються вверх по мірі того, як сповзаючі нижче маси порід залишають опори вищерозташовані.
- Детрузивні (штовхаючі) – зсуви, що починаються у верхній частині схилу, яка після відриву давить на нижчерозташовані маси і приводить їх в рух, приводячи до зминання та видавлювання.

К.І. Богданович у своїй класифікації виділяє наступні типи зсувів:

- Зсуви першого порядку, що утворилися при одночасній втраті рівноваги;
- Зсуви другого порядку, що утворилися в тілі існуючих зсувів.

Класифікація по структурі зсувного схилу і положенню поверхні зміщення Ф.П. Саваренського розглядає такі типи:

- Асеквентні – зсуви в однорідних нешаруватих породах з криволінійною поверхнею ковзання, розташування котрої залежить від величини тертя та зчеплення порід;
- Консеквентні – зсуви, у яких ковзання відбувається по нахиленій поверхні, пов'язаною з будовою схилу (по поверхням напластувань, тріщинах тощо);
- Інсеквентні – зсуви, у котрих поверхня ковзання перетинає шари різного складу.

Для аналізу умов стійкості схилів і виникнення зсувів важливі класифікації Є.П. Ємельянової, яка по формі схилів в профілі виділяє наступні поширені в природі їх типи (рис.2.1):

- прямолінійні і плоскі;
- увігнуті;

- випуклі;
- випукло-увігнуті, у яких верхня частина є випукла, а нижня – увігнута;
- увігнуто-випуклі (типові для багатьох зсувних схилів);
- звивисті з рядом увігнутостей і випуклостей;
- східчасті (генезис сходинок може бути різним – залишки терас, зсувні сходинки, виходи майже горизонтальних шарів міцних порід тощо).

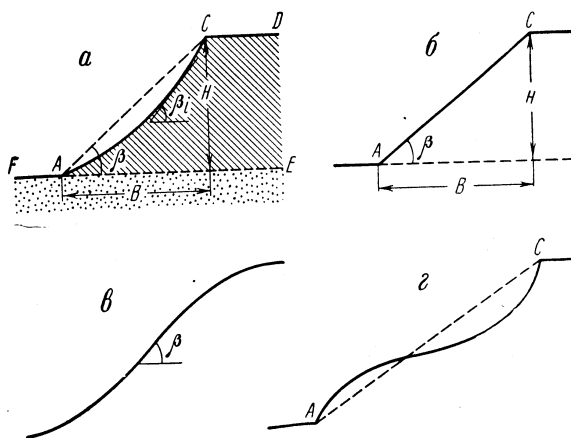


Рис.2.1 Схеми профілів простих схилів і укосів: а - увігнутий схил з різко виразною брівкою та підшовою; б- плоский укос; в - випукло-увігнутий схил; г- увігнуто-випуклий схил.

З точки зору умов виникнення зсувів найбільш важливий поділ схилів на дві великі групи:

- насипні;
- врізані.

Насипні (аккумулятивні) схили характеризуються тим, що їх утворення синхронно відкладенню порід, що їх складають, які в більшості випадків не зазнавали навантажень значно більших, ніж існуючі на даний час. Породи, що їх складають є або

нормально ущільнені або в більшості випадків характеризуються незавершеним ущільненням.

Врізани схили утворюються в результаті зрізання гірських порід, що утворилися до початку формування схилу і такими, які знаходяться під більш значними навантаженнями, ніж ті, що зазнає схил. Грунти у врізаних схилах, як правило, знаходяться в умовах розущільнення.

О.І. Білеуш пропонує класифікувати зсуви за характером протікання зсувної деформації, аналогічна класифікація прийнята в ДБН В.1.1-46:2017:

- тип I – зсуви ковзання (зрізу), що характеризуються наявністю однієї або кількох поверхонь ковзання, при цьому верхні блоки ґрунту зміщуються як жорсткі;
- тип II – зсуви видавлювання, що мають в основі шар слабких ґрунтів або ґрунтів, міцність яких при зміні гідрогеологічних умов зменшується;
- тип III – в'язкопластичні зсуви, представляють собою зміщення пластичних водонасичених глинистих зсувних мас, котрі рухаються подібно до в'язкої рідини;
- тип IV – складні зсуви. Наприклад, в початковий період зміщення розвивається по типу I або II, а після зміщення і деякого струсу водонасичені зсувні блоки набувають властивостей в'язкої рідини.

Згідно ДБН В.1.1-46:2017 “Захист від небезпечних геологічних процесів. Інженерний захист територій, будинків і споруд від зсувів та обвалів. Основні положення” на території України по конфігурації, геологічних умовах, гідрологічних умовах і характеру зовнішніх впливів виділяють наступні типи схилів:

1. Узбережжя морів і лиманів (такі схили поширені на території узбережжя Азовського і Чорного моря – м. Маріуполь, м. Одеса, прибережні райони Криму);

2. Річні долини рівнинної частини (схили на території Києва, Дніпропетровська, Чернівців тощо);
3. Схили гірських областей (райони Прикарпаття та Закарпаття, гірські райони Криму).

Деформації схилів та укосів за механізмом зміщення та масштабністю проявів за ДБН дивись табл.2.1, 2.2

Табл.2.1 Деформації схилів і укосів за механізмом зміщення.

Тип процесів	Тип деформації схилів і відкосів
Зсувні	Зсуви ковзання Зсуви видавлювання Зсуви в'язкопластичні Зсуви складні
Обвальні	Обвали Вивали Осипи
Обвальньо-зсувні	Обвали-зсуви Зсуви-обвали

Табл.2.2 Деформації схилів і укосів за масштабністю проявів.

Масштабність зсувів та обвалів	Об'єми зсувів та обвалів, м ³
Невеликі	Сотні
Досить великі	Тисячі
Великі	Десятки тисяч
Дуже великі	Сотні тисяч
Величезний	Мільйони
Катастрофічний	Десятки і сотні мільйонів

Досить наглядна класифікація запропонована М. Масловим (рис.2.2):

- Обвали і вивали. Відбуваються з катастрофічною швидкістю. Поширене на уступах в скельних та напівскельних породах з розвинутою тріщинуватістю;

- Обвалення зі зрізом та обертанням ;
- Ковзання. Зсув по площині напластунів при чітко вираженій в товщі корінних порід потенційній поверхні ковзання;
- Поверхневі зсуви;
- Опливини;
- Сколювання при просадці – опускання з бічним переміщенням ґрунтових мас на схилі.

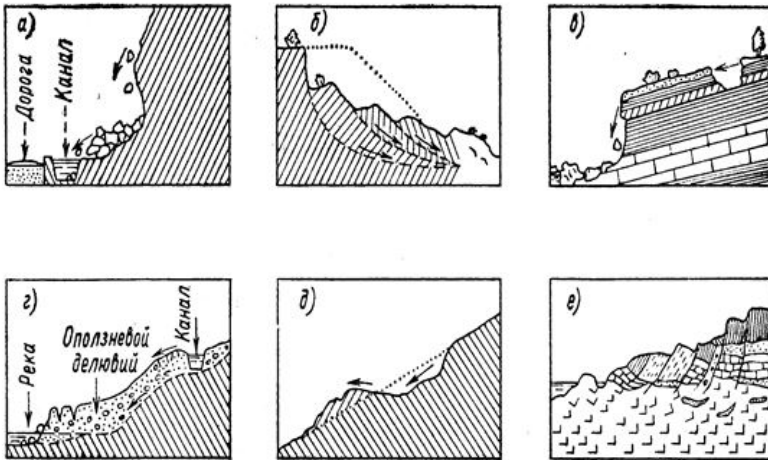


Рис. 2.2. Основні форми порушення стійкості та деформацій схилів. а – обвали та вивали; б- обвалення зі зрізом та обертанням; в - ковзання; г- поверхневі зсуви; д-опливини; е-сколювання при просадці.

ЛЕКЦІЯ 3. ФАКТОРИ ЗСУВНИХ ПРОЦЕСІВ. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ ЗАХИСТУ ТЕРИТОРІЙ СХИЛІВ. ОСНОВНІ РОЗРАХУНКОВІ ПОЛОЖЕННЯ

3.1 Фактори зсувних процесів.

Серед факторів, що впливають на розвиток зсувів, можна виділити:

1. Фактори, що обумовлюють виникнення зсувів або їх повторну активізацію;

2. Фактори, що визначають механізм, амплітуду та швидкість зміщення.

Під фактором зсувних процесів розуміють любую обставину, яка впливає на стійкість схилів та, відповідно, може сприяти виникненню або повторному зміщенню зсуву.

Є.П. Ємельянова в широкому комплексі обставин, що пов'язані з виникненням зсувів, виділяє наступні поняття:

1. Об'єкт зсувного процесу, схил певної висоти і конфігурації;
2. Умови або обставини, в яких розвивається зсувний процес – геологічна будова, гідрогеологічні та кліматичні умови, експозиція схилу, рослинний покрив тощо;
3. Механічні сили, що прикладені до схилу;
4. Різні процеси, що змінюють висоту та конфігурацію схилу, величину діючих на нього сил, або умови (наприклад, підмивання або підрізка схилу, вивітрювання, землетрус, неотектонічні рухи);
5. Різні геологічні або антропогенні агенти, при взаємодії яких зі схилом виникає комплекс різних процесів (наприклад, поверхневі води).

Г.М. Шахунянц вперше показав, що коефіцієнт стійкості схилу відносно будь-якої потенційної поверхні ковзання не є постійною в часі величиною; під впливом багатьох природних та штучних факторів він зазнає змін та коливань.

Природньо, що висота, крутизна й форма схилу мають значний вплив на стійкість порід схилу. Можна стверджувати, що чим більша висота та крутизна схилу, тим більш сприятливі умови створюються для виникнення зсувів. Геологічна будова, а саме форма й умови залягання шарів порід різного літологічного складу, має значний вплив на стійкість.

Властивості порід, які складають схил, також впливають на його коефіцієнт стійкості. При піднятті рівня ґрунтових вод, породи схилу насичуються водою. Після чого можуть різко погіршуватись їх фізико-механічні характеристики, що в кінцевому результаті приведе до активізації зсуву.

Р. Шустер та Р. Кризек у своїй монографії виділяють наступні фактори зсувних процесів.

Фактори, що збільшують зсувні напруження.

Видалення утримуючого упору. Видалення упору в основі схилу є самим поширеним фактором, що викликає втрату стійкості; в нього входять наступні процеси:

1. Ерозійна діяльність: а) річок та потоків; б) льодовиків; в) хвиль прибережних та припливних течій; г) субаерального вивітрювання порід, їх зволоження, висихання та морозних впливів;
2. Попередні скельні обвали і зсуви, просідання та значні тектонічні дислокації, що утворюють нові схили;
3. Техногенний вплив: а) улаштування виїмок, кар'єрів, котлованів та каналів; б) демонтаж підірних стін та шпунту; в) створення водойм та водосховищ і зміна їх рівня.

Навант аження схилу. Навантаження може відбутись в результаті природних та штучних причин. Природним навантаженням може слугувати:

1. Вага снігу, дощової води;
2. Накопичення схилових відкладів на поверхні зсувної ділянки;
3. Рослиність;
4. Фільтраційний тиск підземних вод.

До штучних навантажень відносять:

1. Зведення насипів;
2. Складування відвалів руди або гірських порід;
3. Влаштування хвостосховищ;
4. Вага будівель та споруд;
5. Витоки з комунікацій.

Природні динамічні напруження. Землетруси спровокували значну кількість як невеликих зсувів так і дуже великих.

Видалення нижнього упору. Прикладами видалення упору внизу схилу є:

1. Підмив берегу ріками або хвилями;
2. Видавлювання нижчерозташованих пластичних ґрунтів;
3. Втрата міцності та руйнування нижчерозташованих порід.

Фактори, що знижують опір зрізу. Фактори, що зменшують міцнісні характеристики скельних порід та ґрунтів, можна розділити на дві групи. Перша група включає фактори, пов'язані з початковим станом та природними характеристиками ґрунтів. Вони визначаються геологічними умовами, можуть слабо змінюватись або взагалі не змінюватись за період експлуатації споруд і можуть існувати тривалий час без втрати стійкості схилу. Друга група об'єднує фактори, що змінюються та можуть змінювати міцність на зріз.

ДБН визначає такі основні причини виникнення зсувів:

1. які призводять до зміни напруженого стану порід схилу або укосу (збільшення крутизни схилів або укосів; вивітрювання, підмив, вироблення, дії гідростатичних і гідродинамічних сил в ґрунті, що обумовлюють розвиток у масиві фільтраційних деформацій – механічної суфозії, фільтраційного випирання, контактного випирання і розмиву); зовнішні впливи – привантаження схилів або укосів і прилеглих до них ділянок, мікросейсмічні, сейсмічні і вібраційні коливання;
2. які призводять до зменшення міцності порід і ґрунтів (зволоження, набрякання, розвиток у ґрунтах явища повзучості, перехід ґрунту в стан "пливуна").

3.2 Загальні положення інженерного захисту територій схилів

Протизсувні споруди на зсувних територіях проектують у залежності від інженерно-геологічних умов ділянки території, її стану та призначення, наявності об'єктів,

що функціонують, комунікацій, доріг тощо, можливої небезпеки для життя людей.

Розрізняють три основних типи схилів:

- Сійкі;
- Зсувонебезпечні;
- Зсувні.

До зсувонебезпечних належать території, на яких можуть виникнути зсувні деформації в період будівництва і експлуатації об'єкта. До зсувних відносяться території, де є або раніше виникали зсуви.

Межі зсувонебезпечних, зсувних та обвалонебезпечних територій встановлюють за даними комплексних інженерних та інклінометричних досліджень із використанням розрахунків стійкості схилів і матеріалів порівняльного інженерно-геологічного аналізу стосовно особливостей рельєфу, геологічної будови, гідрогеологічних і сейсмічних умов, характеру рослинного покриву і клімату. В окремих випадках необхідно передбачати систематичні спостереження за розвитком зсувних процесів і пов'язаних з ними небезпечних геологічних процесів і явищ.

Розвиток зсуву на схилах в часі поділяють на три фази:

- підготовку зсуву;
- зміщення зсуву;
- стабілізація зсуву.

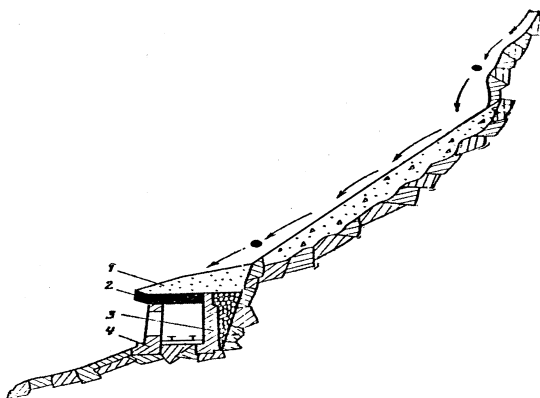
Найчастіше протизсувний захист виконується на схилах, де спостерігається фаза підготовки або стабілізації зсувного зміщення, якщо подальший розвиток зсуву загрожує пошкодженням будівель, споруд, комунікацій тощо. У цьому випадку зсувоутворюючі фактори, геометричні розміри зсуву, фізико-механічні характеристики ґрунтів можуть бути встановлені достовірно. На основі вказаних даних з врахуванням необхідності закріплення території та збереження об'єктів на ній, а також перспективи подальшого її використання розробляють протизсувні заходи і будують протизсувні споруди.

Роботи по закріпленню території схилів, як правило, виконують у фазі стабілізації зсувів. В період розвитку зсувного

зміщення проводять, головним чином, протизсувні заходи спрямовані на зменшення збитків від зсуву, що розвивається, попередження небезпеки для життя людей. Капітальні роботи по будівництву протизсувних споруд практично не виконують в період підготовки зсувного зміщення при досить малій швидкості розвитку процесу.

Виділяють основні та допоміжні заходи інженерного захисту. До основних заходів інженерного захисту об'єктів відносять:

- Утримуючі і підтримуючі споруди та фундаменти;
- Фундаменти, що обтікаються зсувними масами;
- Уловлюючі протиобвальні споруди та галереї (рис.3.1);
- Берегозахисні споруди;
- Дренажі глибокого закладання;
- Зміна рельєфу схилів.



*Рис.3.1 Схема протиобвальної галереї:
1-амортизуюча відсіпка; 2 – перекриття;
3-нагірна стіна; 4-низова опора.*

В якості допоміжних заходів інженерного захисту необхідно використовувати споруди або заходи, що забезпечують стабілізацію впливу окремих факторів. До допоміжних заходів інженерного захисту відносять:

- Утримуючі протиобвальні заходи;
- Берегозахисні споруди;

- Регулювання стоку поверхневих вод, захист поверхні схилів від інфільтрації зливових і талих вод в ґрунт та ерозійних процесів;
- Дренажі неглибокого закладання, пристінні дренажі та каптажі;
- Агролісомеліорацію;
- Хімічне закріплення ґрунтів зсувної зони.

Проектування інженерного захисту має виконуватись на основі:

- Результатів комплексних інженерних досліджень в районі проявів зсувів і обвалів та територій, що прилягають;
- Даних, які характеризують особливості використання територій та об'єктів як існуючих, так і спроектованих з прогнозуванням змін їх особливостей і з врахуванням встановленого режиму природокористування (заповідники, сільськогосподарські землі тощо);
- Прогнозу можливих змін природних умов, що викликані природними і техногенними факторами;
- Оцінці сучасних і прогнозу змін умов і стану об'єктів, що захищаються за результатами комплексних вишукувань;
- Досвіду проектування, будівництва та експлуатації інженерного захисту об'єктів в аналогічних умовах;
- Вимог архітектурно-планувальних рішень щодо освоєння території;
- Техніко-економічного порівняння кількох варіантів інженерного захисту.

Економічний ефект варіанту інженерного захисту визначається розміром відвернутих збитків територіям, будівлям та спорудам від впливу зсувів та обвалів.

3.3 Основні розрахункові положення.

Основні задачі при визначенні стійкості схилів наведені в таблиці 3.1:

Табл.3.1

№	Вихідні дані	Постановка задачі	Алгоритм розв'язання Задачі
1.	Поверхня ковзання, властивості ґрунтів, що складають основу, зовнішні навантаження і впливи, рельєф ділянки будівництва	Визначення коефіцієнта стійкості	Зміна профілю схилу(укосу) для підвищення його стійкості
2.	Коефіцієнт стійкості укосу, властивості ґрунтів основи, зовнішні навантаження і впливи, рельєф ділянки будівництва	Побудова та визначення розмірів поверхні ковзання	Визначення безпечної відстані від схилу (укосу), на якому можна зводити будівлі і споруди
3.	Властивості ґрунтів, що складають схил(укіс), зовнішні навантаження і впливи, а також рельєф ділянки будівництва	Визначення коефіцієнту стійкості і поверхні ковзання	Визначення можливості будівництва будівель і споруд на схилі (укосі) або поблизу нього
4.	Поверхня ковзання, властивості ґрунтів основи, зовнішні навантаження і впливи, а також рельєф ділянки будівництва	Побудова епюри зсувного тиску	Проектування і розрахунок протизсувних утримуючих споруд

Види протизсувних і протиобвальних споруд і заходів слід вибирати на підставі розрахунків загальної і місцевої стійкості схилів (укосів), тобто стійкості схилу (укосу) в цілому і окремих його морфологічних елементів.

Критерієм стійкості схилів (укосів) для найнебезпечнішої призми обвалення є умова:

$$\gamma_{fc} F \leq \frac{\gamma_c}{\gamma_n} R \quad (3.1)$$

де γ_{fc} – коефіцієнт сполучення навантажень;

F – розрахункове значення узагальненої зсувної дії на призму обвалення, що визначається з урахуванням коефіцієнтів надійності за навантаженням γ_c , кН;

γ_f – коефіцієнт умов роботи;

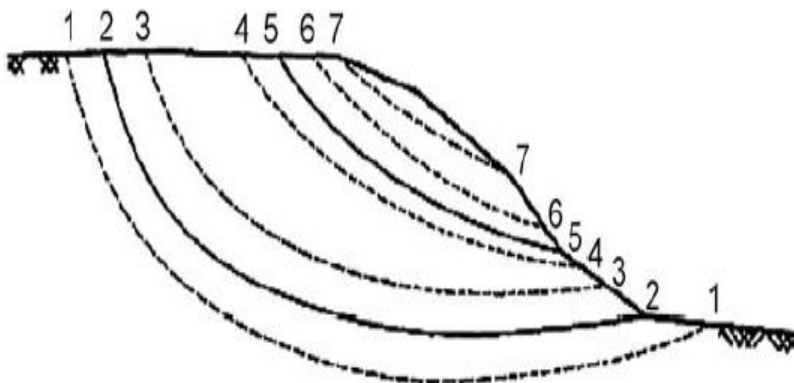
γ_n – коефіцієнт надійності за відповідальністю (коефіцієнт відповідальності) споруди;

R – розрахункове значення узагальненого опору ґрунтового масиву зсувній дії на призму обвалення, визначене з урахуванням коефіцієнта надійності по ґрунту, кН.

При пошуку небезпечної поверхні сповзання призми обвалення (поверхні ковзання) (рис.3.2) визначається коефіцієнт запасу стійкості, який повинен бути більшим або дорівнювати нормативному коефіцієнту запасу стійкості K_{st} , що відповідає настанню граничного стану рівноваги

$$K_{st} = \frac{R}{F} \geq \frac{\gamma_n \gamma_{fc}}{\gamma_c} = k_{sn} \quad (3.2)$$

Значення коефіцієнтів γ_n , γ_c , γ_{fc} для різних категорій відповідальності конструкцій та їх елементів і двох груп граничних станів наведені в таблицях 3.2–3.4 для основного поєднання навантажень у відповідності з ДБН В.1.2-14. При $K_{st} < [K_{st}]$ можлива втрата стійкості схилу (укосу) і необхідне улаштування утримуючих споруд.



1...7 – ймовірні поверхні ковзання

Рис.3.2 Принципова схема пошуку найбільш ймовірної поверхні ковзання.

Таблиця 3.2 – Значення коефіцієнтів γ_n для різних класів наслідків (відповідальності) споруд та груп граничних станів для основного сполучення навантажень

Категорії відповідальності конструкторів та їх елементів	Значення коефіцієнтів γ_n для різних класів наслідків (відповідальності) споруди					
	СС3		СС2		СС1	
	Перша група граничних станів	Друга група граничних станів	Перша група граничних станів	Друга група граничних станів	Перша група граничних станів	Друга група граничних станів
А	1,250	1,000	1,100	0,975	1,000	0,950
Б	1,200		1,050		0,975	
В	1,150		1,000		0,950	

Таблиця 3.2 – Значення коефіцієнту γ_c в залежності від поєднання навантажень

Поєднання навантажень	Основне	Аварійне	Будівельного періоду
Значення γ_c	1,00	0,90	0,95

Таблиця 3.3 – Значення коефіцієнту в залежності від методів розрахунку

Методи розрахунку	Точні методи	Наближені методи розрахунку
Значення	1,00	0,95

При визначенні опору ґрунтового масиву зсуву R необхідно враховувати прогноз зміни характеристик міцності ґрунтів по поверхні ковзання.

У розрахунках протизсувних і протиобвальних споруд навантаження і дії слід визначати з урахуванням:

- для утримуючих конструкцій – зсувного тиску ґрунту;
- для конструкцій протиобвальних галерей і уловлювальних споруд – динамічної дії скельних уламків, що падають, розміри яких допускається визначати у відповідності з додатком И ДБН В1.1-24:2009.

При розрахунку стійкості схилу (укосу) необхідно враховувати діапазони зміни природних і техногенних навантажень і дій, характеристик міцності ґрунтів і умов їх зміни за рахунок можливості замочування ґрунтів схилу (укосу) водами зони аерації, витоками з водонесучих комунікацій, при прогнозованому підйомі рівнів підземних вод і зниженні їх характеристик міцності, зміни навантажень на поверхні схилу (укосу), зсувних впливів, тощо.

Методика розрахунку стійкості схилу (укосу) повинна враховувати:

- особливості інженерно-геологічних умов схилу (укосу), включаючи дані про товщини шарів ґрунтів, що деформуються, їх фізико-механічні властивості;
- вид зсувних деформацій схилу (укосу);
- силову дію основних зсуво-утворюючих факторів;

- дії (постійні і тимчасові) і їх сполучення (основні й аварійні);
- вплив існуючих будівель і споруд та тих, що проєктуються, на стійкість схилу (укосу);
- для сейсмічних районів слід враховувати сейсмічну дію на споруди інженерного захисту і на утримуваний масив ґрунту згідно з ДСТУ-Н Б В.1.1-37:2016 «Настанова щодо інженерного захисту територій, будівель і споруд від впливів та обвалів»(додаток Е).

Зсувний тиск на утримуючі споруди E_s , кН розраховують за формулою:

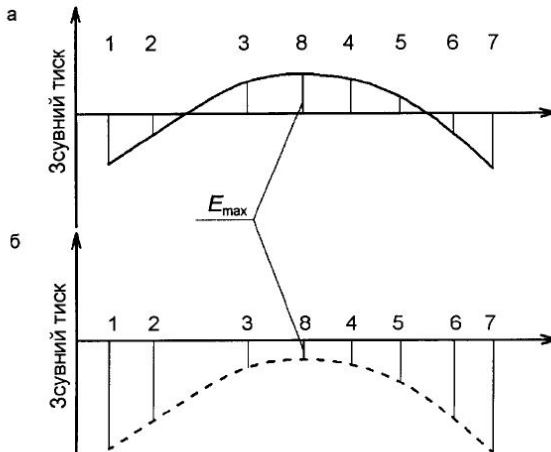
$$E_s = F - \frac{R}{k_{sn}} \quad (3.3),$$

де F – зсувне зусилля від тиску ґрунтового масиву, кН;

R – опір ґрунтового масиву зрушенню, кН;

k_{sn} – нормований (мінімально необхідний) коефіцієнт запасу стійкості.

Для поверхонь ковзання будуються епюри зсувного тиску (рис. 3.3).



а – епюра для зсувних схилів; б – епюра для зсувонебезпечних схилів

Рис.3.3 Епюри зсувних тисків по поверхнях ковзання.

ЛЕКЦІЯ 4.
ВИДИ ПРОТИЗСУВНИХ СПОРУД І ЗАХОДІВ.
УТРИМУЮЧІ СПОРУДИ. ЗМІНА РЕЛЬЄФУ СХИЛУ.
РЕГУЛЮВАННЯ ПОВЕРХНЕВОГО І ПІДЗЕМНОГО
СТОКУ. АГРОЛІСОМЕЛІОРАЦІЯ. ЗАХИСНІ ПОКРИТТЯ
І ЗАКРІПЛЕННЯ ГРУНТІВ,

4.1 Види протизсувних споруд і заходів.

Види протизсувних споруд та заходів для інженерного захисту від зсувів поділяють на:

- Основні;
- Профілактичні.

В залежності від причин, що викликають зсуви або обвали, згідно вимог ДБН, передбачають такі основні заходи інженерного захисту, які підвищують стійкість схилу:

- Регулювання поверхневого стоку і захист поверхні схилу від шкідливих дій води (вертикальне планування території, влаштування систем поверхневого водовідведення, запобігання інфільтрації дощових і талих вод у тіло зсуву, захист від ерозійних процесів);
- Регулювання підземного стоку (перехоплення або пониження рівня підземних вод), влаштування дренажу та каптажів;
- Захист схилу від вітрової та водної (поверхневої та глибинної) ерозії;
- Штучна зміна рельєфу схилу шляхом регулювання балансу земляних мас та планування поверхні схилу і прилеглої до нього території;
- Закріплення ґрунтів (електрохімічне, цементация, силікатизация, покриття торкрет-бетоном тощо);
- Агролісомеліорація;
- Армування ґрунту георешітками та геотекстилем;
- Поліпшення фізико-механічних властивостей зсувних ґрунтових мас за різними технологіями (ін'єктування ґрунтів укріплювальними розчинами, ґрунтоцементними елементами, технологією струменевої цементации тощо);
- Підтримання спеціального режиму експлуатації споруд інженерного захисту.

До профілактичних заходів інженерного захисту від зсувів належать:

- Моніторинг динаміки зсувних деформацій щодо збереження і стійкості об'єктів інженерного захисту на зсувонебезпечній ділянці з метою попередження аварій;
- Встановлення охоронних зон об'єктів інженерного захисту;
- Моніторинг щодо збереження існуючого стану споруд інженерного захисту;
- Ремонт споруд інженерного захисту;
- Планування поверхні водозбору;
- Будівництво об'єктів інженерного захисту відповідно до стадій розвитку зсувного процесу.

4.2. Утримуючі споруди.

Утримуючі споруди використовують для попередження зсувних та обвальних деформацій при неможливості або економічній недоцільності виконання зміни рельєфу схилу або використання основних протизсувних дренажів (дренажні галереї).

Утримуючі протизсувні споруди повинні забезпечити сприйняття зсувного тиску при прийнятному нормативному коефіцієнті запасу стійкості схилу (укосу).

Їх застосовують наступних видів (рис.4.1):

- підпірні стіни (на природній або пальовій основі);
- пальові конструкції, шпонки і стовпи – для закріплення нестійких ділянок схилу (укосу) і попередження зміщень ґрунтових масивів по ослаблених поверхнях;
- анкерні кріплення – як самостійні утримуючі споруди (з опорними плитами, балками тощо);
- комбіновані споруди – це вищезгадані споруди, об'єднані в одну конструкцію, найчастіше це бурові палі з буроін'єкційними анкерами (рис. 4.1, 4.2).

Підпірні стіни поділяють на масивні і тонкостінні.

Для пальових утримуючих конструкцій слід передбачати, як правило, бурові залізобетонні палі. Використання забивних паль допускається у випадках, коли

проведення пальово-забивних робіт не погіршує умов стійкості схилу (укосу) та не шкодить існуючим будівлям і спорудам.

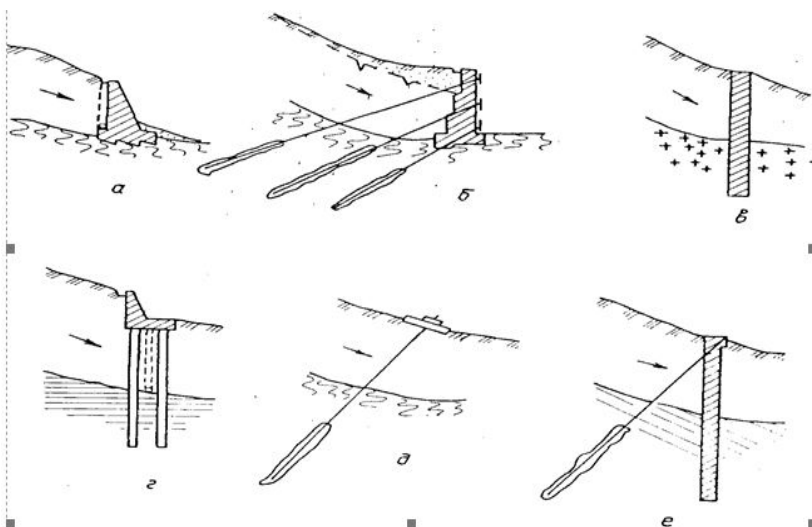


Рис. 4.1. Основні типи утримуючих протизсувних споруд: а) - підпірна стінка; б) - підпірна стінка, укріплена анкерними тяжами; в) - залізобетонні стовпи; г) - бурові палі, об'єднані ростверком; д) - анкерні тяжі; е) - анкерні тяжі разом з буровими палями.

Пальові утримуючі протизсувні конструкції складаються з опор глибокого закладання, заглиблених у стійких породах і об'єднаних у верхній частині залізобетонним ростверком. Якщо пальовий ряд виконано як шпунтова огорожа, об'єднувати їх залізобетонним ростверком не обов'язково.

Пальові протизсувні конструкції повинні сприймати зсувний тиск, а також не допускати продавлювання і переповзання ґрунту призми обвалення через них. При цьому палі можуть бути виконані як основні і проміжні опори. Основні опори сприймають зсувний тиск, а проміжні – перешкоджають продавлюванню ґрунту між основними опорами. Розміщувати основні опори слід не більше ніж у три ряди. Глибина закладання основних опор у стійких породах визначається

розрахунком, а проміжних – приймається не менше ніж 1,0 м у стійких нескельних ґрунтах. Залізобетонні проміжні опори слід об'єднувати з основним залізобетонним ростверком.



Рис.4.2 Влаштування підпірної стінки, яка укріплена анкерами (м. Алушта).

В Криму питаннями інженерного захисту від зсувів і обвалів активно займались Е.Я. Кільвандер, А.Г. Гагаркін, якими розроблено альбом технічних рішень утримуючих протизсувних споруд .

Утримуючі протизсувні споруди (УПС) за методикою, запропонованою Кільвандером Е.Я. , за конструктивними і технологічними принципами умовно можна поділити на три групи:

- УПС нормальної несучої здатності (підпірні стінки, ряди бурових і буроопускних паль, споруди з ґрунтових матеріалів);
- УПС підвищеної несучої здатності (споруди з рядів бурових паль з раціональною статичною схемою їх роботи);

- УПС високої несучої здатності (споруди з конструкцій, які виготовляються методом “стіна в ґрунті”, споруди з бурових паль, споруди, які виготовляються за другими технологіями).

Кожна група УПС має можливість раціоналізації поперечних січень основних несучих елементів і їх армування.

Зсувні ділянки за величинами питомих зсувних тисків на 1м² поверхні ковзання і потужності зсувних мас умовно поділені на 3 області:

- Область нормальних зсувних тисків (яка відповідає області застосування УПС нормальної несучої здатності);
- Область підвищених зсувних тисків (яка відповідає області застосування УПС підвищеної несучої здатності);
- Область високих зсувних тисків (яка відповідає області застосування УПС високої несучої здатності).

Області економічної доцільності застосування різних конструктивних рішень за величинами зсувного тиску (в т/м) і потужності зсувних мас у відповідності з градацією видів УПС умовно поділено на 3 області:

- Область УПС нормальної несучої здатності;
- Область УПС підвищеної несучої здатності;
- Область УПС високої несучої здатності.

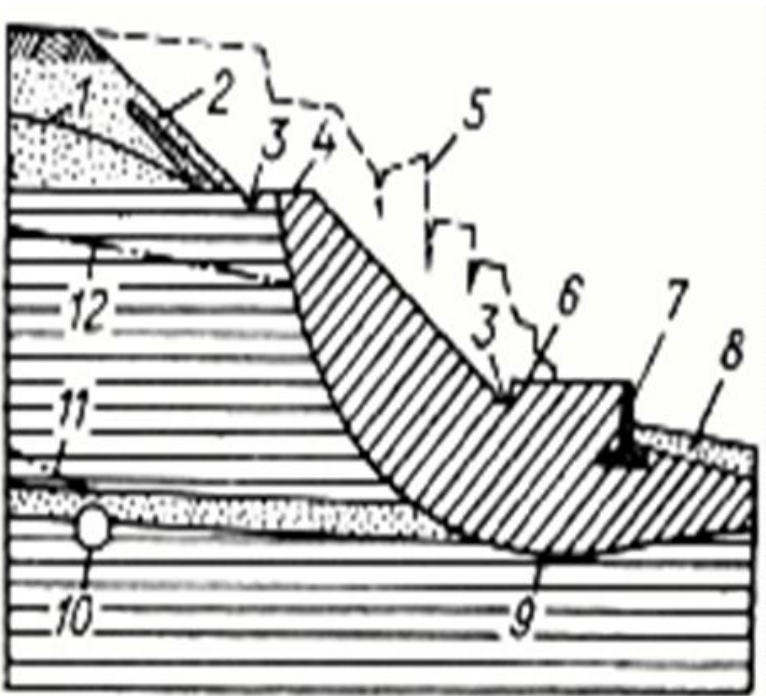
Області визначені на основі порівняння кошторисних вартостей.

4.3. Зміна рельєфу схилів, регулювання стоку поверхневих та підземних вод.

Для підвищення стійкості схилів проводять такі види земляних робіт, як виположення схилів (рис.4.3), видалення зсувних мас та заміна їх стійкими і більш міцними ґрунтами, пригрузка нижньої частини зсувних схилів і влаштування контрбанкетів (рис.4.4).

Вказані види робіт проводять для стабілізації зсувів всіх типів. При виположенні схилу, влаштуванні контрбанкету тощо.

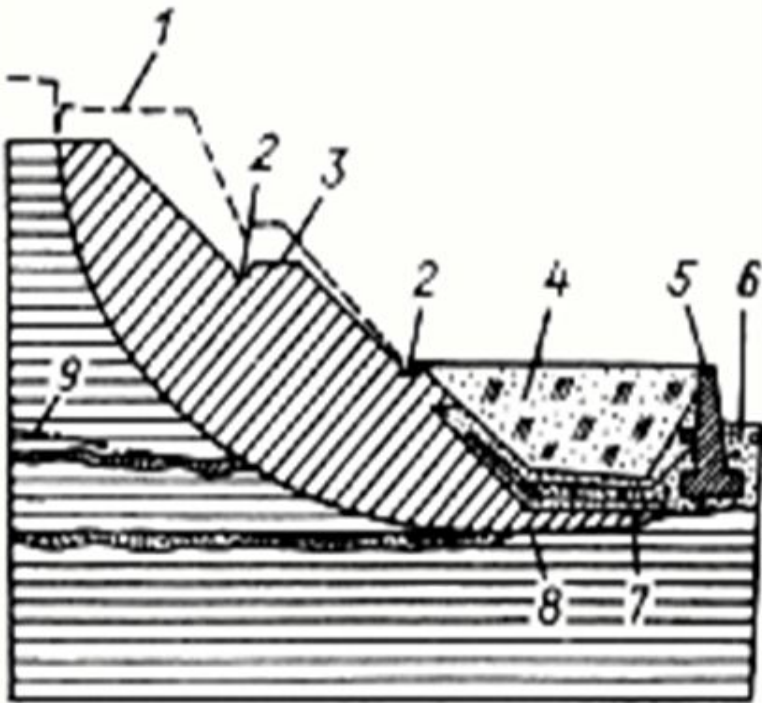
змінюється профіль і, відповідно, напружений стан порід зсувного схилу до безпечних значень.



*Рис.4.3. Схема зрізки і виположення зсувного схилу
1-понижений РПВ; 2-наслоний дренаж; 3-нагірна канава; 4-берма; 5-положення профіля схилу до зрізки; 6-нижня берма; 7-підпірна стінка; 8-пляжна відсипка; 9-поверхня ковзан-ня; 10-штольневий дренаж; 11-РПВ другого горизонту після влаштування дренажу; 12-РПВ другого горизонту до влаштування дренажу.*

При проектуванні східчастої форми укосу розміщення бERM і терас слід передбачати на контактах пластів ґрунтів і на ділянках просочування підземних вод. Ширину бERM (терас) і висоту уступів, а також розташування і форму банкетів слід визначати розрахунком загальної і місцевої стійкості схилу

(укосу), планувальними рішеннями, умовами виконання робіт і експлуатаційними вимогами.



*Рис.4.4. Влаштування контрбанкету в нижній частині
1- положення профіля схилу до виконання робіт; 2- нагірна канава; 3- берма; 4- контрбанкет; 5- підпірна стінка; 6- пляжна відсіпка; 7- пластовий дренаж; 8- поверхня ковзання; 9- РПВ.*

На терасах необхідно передбачати улаштування водовідведення, а в місцях виклинювання підземних вод – дренажів.

На схилах, що захищаються, повинен бути організований безперешкодний стік поверхневих вод, виключений застій вод на безстічних ділянках і потрапляння на схил вод із присхилової території (нагірні канали).

На ділянках, що примикають до схилів (укосів), необхідно виконати їх планування. Регулювання поверхневого стоку на цих ділянках слід виконувати за допомогою системи огорожувальних валів, водовідвідних каналів, лотків та швидкотоків (рис.4.5) .



*Рис.4.5. Швидкоток у складі протизсувних споруд
(м. Чернівці, мікрорайон Руський, 2023 р.)*

Видалення нестійких ґрунтів слід передбачати, якщо забезпечення їх стійкості виявляється неефективним або економічно недоцільним.

Регулювання рівня підземних вод шляхом водопониження слід передбачати для усунення або ослаблення руйнівної дії підземних вод на ґрунти, зниження або усунення фільтраційного і гідростатичного тисків.

Для досягнення необхідного пониження рівня підземних вод слід застосовувати наступні види водопонижувальних пристроїв:

- траншейні дренажі (відкриті траншеї і канави);
- закриті дренажі (траншеї, заповнені фільтрувальним матеріалом) для осушення зсувного тіла, розраховані, як правило, на нетривалий строк служби;
- трубчасті (в тому числі мілкого закладання) і галерейні дренажі в стійкій зоні за межами ґрунтів, що зміщуються, для перехоплення підземного потоку при тривалому терміні служби;
- пластові дренажі на ділянках просочування підземних вод на схилах (укосах) для попередження суфозії в основі підсипок (банкетів);
- водопонижуючі свердловини різних типів (у тому числі самовиливні та водопоглинальні) у поєднанні з дренажами або замість них у випадку більшої ефективності або доцільності їх застосування.

По зміні величини коефіцієнту стійкості схилу дренажі поділяють на основні та допоміжні. Основні протизсувні дренажі забезпечують підвищення коефіцієнту стійкості схилу. Найбільше поширення знайшли траншейні горизонтальні трубчасті дренажі (рис.4.6), які понижуючи рівень ґрунтових вод перехоплюють їх та відводять за межі схилу.

Даний вид дренажів застосовують для перехоплення ґрунтових вод, якщо останні залягають на глибині до 6.0м. За ознаками гідродинамічної досконалості їх поділяють на досконалі та недосконалі. Глибина закладання досконалу дренажу визначається глибиною залягання водотриву. При значних глибинах залягання водотриву застосовують недосконалі дренажі. Для зменшення притоку ґрунтових вод до зсувного схилу сумісно з таким дренажем застосовують водонепроникні завіси.

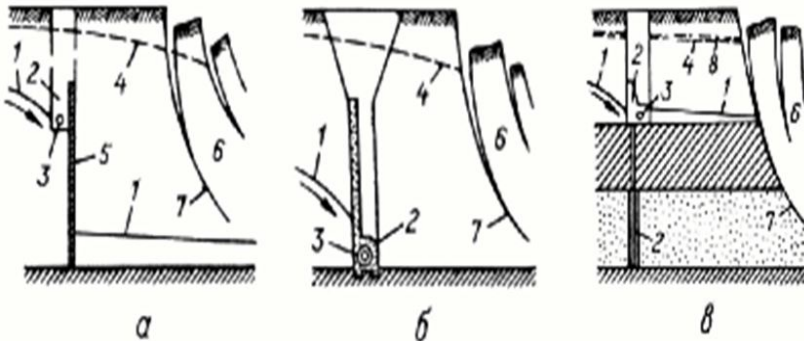


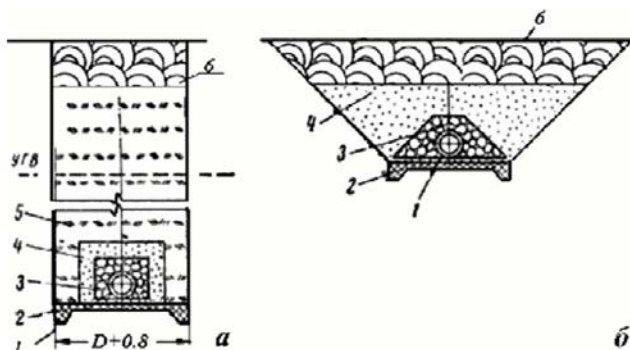
Рис.4.6. Горизонтальний трубчастий дренаж для основних протизсувних споруд:

а-недосконалий; б-досконалий; в-комбінований; 1-понижений дренажем РПВ; 2-зворотній фільтр; 3-перфорована труба; 4-РПВ до влаштування дренажу; 5-водонепроникна завіса; 6-зсувні блоки порід; 7-поверхня ковзання; 8-п'єзометричний рівень другого водоносного горизонту до влаштування дренажу.

Гідрогеологічні розрахунки та врахування впливу фільтраційних вод на стійкість схилів виконуються для основних протизсувних дренажів і допускається не виконувати для допоміжних і тимчасових дренажних споруд. Підібрані за розрахунком дренажні обсіпки або фільтри із штучних матеріалів не повинні замулюватись, кольматуватись, піддаватись хімічній та механічній суфозії та корозії. Фільтри дренажних колодязів повинні влаштовуватись на всю товщу водоносних горизонтів, а траншеї горизонтального дренажу засипатись фільтруючим матеріалом з піщаних ґрунтів з коефіцієнтом фільтрації не менше 10 м/добу на 0,8м найбільшої висоти водоносного горизонту від лотка дрени.

Діаметр труб дренажу (рис. 4.7) визначається гідравлічним розрахунком, але приймається не менше 200 мм. Мінімальні допустимі швидкості течії в трубах 0,2 м/с. Максимальні швидкості призначаються в залежності від матеріалу труб. Мінімальні поздовжні ухили дренажів: трубчастих - 0,003, дренажних прорізів - 0,005-0,01.

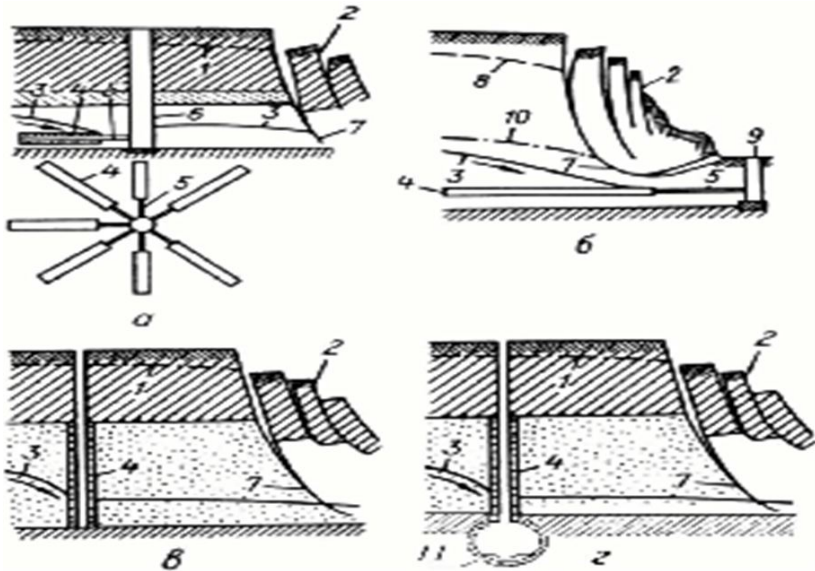
Максимальні ухили визначаються допустимими швидкостями течії води в трубах, що не перевищують 1 м/с. В місцях поворотів трас, приєднання бічних ліній дренажу, зміни ухилів, перепадів трубчастих дренажів, а на прямих ділянках через 30-40 м повинні влаштовуватись оглядові колодязі з залізобетону, рідко з бетону або каменю марки не менше М400. В дренажних водоприймальних колодязях влаштовуються відстійники завглибшки не менше 0,5 м. На транзитних скидних ділянках дренажу відстійники в колодязях не влаштовуються.



*Рис.4.7. Трубчастий дренаж досконалого типу:
 а-траншея з кріпленням; б-траншея без кріплення; 1-дренажна труба; 2-щебінь втрамбований в ґрунт; 3-гравій або щебінь; 4-пісок крупний; 5-місцевий ґрунт; б-втрамбований глинистий ґрунт.*

Для трубчастих дрен використовують керамічні, азбестоцементні, пластмасові, бетонні та залізобетонні труби. Матеріал труби обирають в залежності від глибини закладання дренажу і агресивності середовища на ділянці його влаштування. Для прийому дренажних вод в трубах влаштовують спеціальні отвори: круглі або щілинні.

Для перехвату та пониження ґрунтових вод, що залягають глибше 6.0м, в якості основних протизсувних дренажів застосовують: променевий дренаж, горизонтальні дренажні свердловини, вертикальний дренаж або дренажні штольні (рис. 4.8).



*Рис.4.8. Основні дренажні протизсувні споруди:
 а-променевий дренаж; б-горизонтальні дренажні свердловини;
 в-вертикальний дренаж; г-штольневий дренаж; 1-
 п'єзометричний рівень водоносного горизонту до влаштування
 дренажу; 2-зсувні блоки порід; 3-понижений дренажем РПВ;
 4-зворотній фільтр; 5-не перфорована частина труб в
 горизонтальних дренажних свердловинах; 6-з/б колодязь; 7-
 поверхня ковзання; 8-РПВ до влаштування дренажу; 9-
 водоприймальний колодязь; 10-РПВ між горизонтальними
 дренажними свердловинами; 11-штольня (галерея).*

Променевий дренаж – це система гідротехнічних споруд, яка складається з водозбірного колодязя, радіальних горизонтальних трубчастих дрен і надземної будівлі (рис.4.8). Вода з водоносного шару через горизонтальні свердловини поступає у водозбірний колодязь. З колодязя вона відкачується насосами або самопливом поступає у водозбірний колектор. Променевий дренаж доцільно застосовувати для пониження РПВ на ділянках зі щільної забудовою, насиченою підземними комунікаціями. Шахту виконують з залізобетону круглої форми

в плані діаметром 3-6 м. В одному куці променевого дренажу слід проектувати не менше трьох свердловин: центральний промінь - за нормаллю до схилу: два інших - під кутом не менше 30° . Довжина променю може прийматись від 15 до 90 м, зовнішній діаметр - 70-200 мм, ухил 0,05 та більше. Довжина бічних промінів приймається у 1,5 рази більше від центрального.

Вертикальний дренаж проектують при глибокому заляганні рівня ґрунтових вод. Конструкція вертикального дренажу показана на рис. 4.9. а конструкція фільтрів на рис. 4.10.

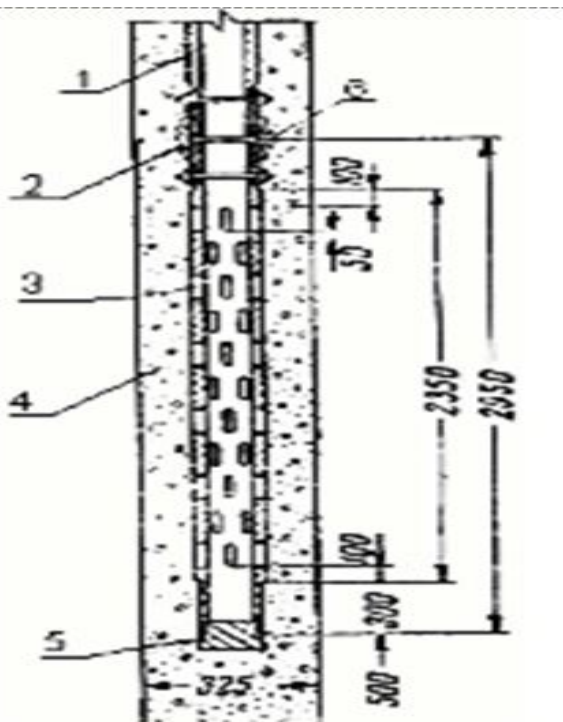


Рис.4.9. Схема вертикальної фільтраційної свердловини.

1-фільтрова колона; 2-стальна муфта для з'єднання окремих ланок; 3-перфорована труба; 4-фільтр; 5-пробка; 6-направляюча скоба.

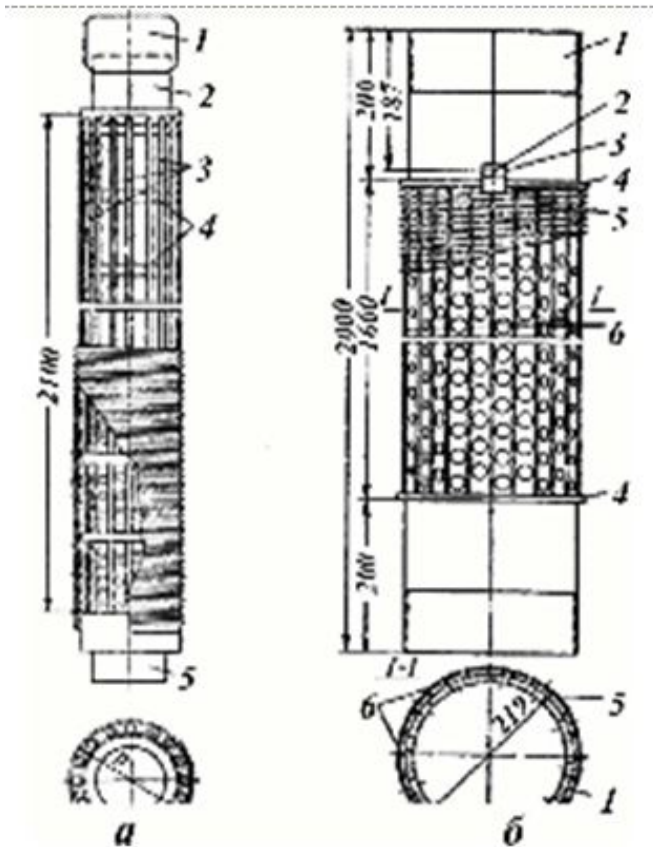


Рис. 4.10. Каркасно-стержневий фільтр(а) і фільтр із обмотки дроту.

а: муфта для з'єднання ланок; 2- верхній патрубок; 3-металічні стержні; 4-опорні пояси жорсткості; 5-нижній патрубок.

б: 1-труба; 2-болт; 3-лапка; 4-кільце; 5-обмотка з дроту; 6-стержні.

Штольневий дренаж влаштовують при глибокому заляганні пластових вод, коли через умови забудови на крутих схилах не можливо влаштувати дренажі вказаних вище видів (рис.4.8г). В якості основних протизсувних споруд допускається застосовувати дренажні галереї прохідного і напівпрохідного

(штольні) перерізу для зниження рівнів глибоко розміщених горизонтів.

Траси дренажних галерей не повинні проходити під фундаментами будинків і споруд класу наслідків СС2, СС3. Неприпустиме проходження трас на ділянках зон концентрації дотичних напружень у схилі. При цьому слід урахувати розміщення дренажних і вентиляційних колодязів, умови механізованого улаштування підземних виробок. Проходка галерей поблизу будинків, споруд або під ними можлива в особливих випадках без виносів та осідань ґрунтів, а також суфозії та порушення стійкості ґрунтів прифільтрової зони під час експлуатації підземної виробки. Проходка галерей повинна здійснюватись без перебору перерізів. Проходку дренажних галерей рекомендується виконувати в щільних водонепрохідних або скельних ґрунтах, якомога ближче (при збереженні стійкості склепіння) до підшови водоносного горизонту для виключення необхідності застосування спецметодів водоподавлення та спеціального гірничопрохідницького устаткування. Улаштувати дренажні галереї в контрбанкетах і насипах, що відсипаються, рекомендується безпосередньо в прогнозованому водоносному горизонті з дренажною відсипкою. Галереї круглого перерізу рекомендується проходити, як правило, щитовим способом. Поздовжні ухили дренажних галерей призначаються, як правило, в межах 0,002 - 0,04. Виходи із дренажних галерей на поверхню влаштовуються на зсувороздільних мисах або стійких ділянках схилу короткими штреками. Оголовки виходів (портали) слід закривати спеціальними ґратами з можливим встановленням водомірного обладнання. Гірничі виробки дренажних галерей повинні призначатись, виходячи із габаритів рухомого складу, але не менше 1,8 м.

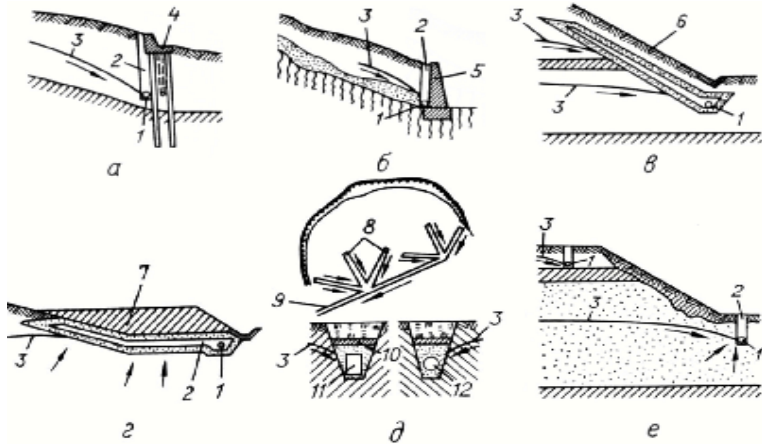


Рис.4.10. Допоміжні протизсувні дренажі :

а-горизонтальний трубчастий дренаж, суміщений з палевою утримуючою спорудою;
б-пристінний трубчастий дренаж; в-укосний дренаж;
г-пластовий дренаж; д-дренажні прорізи для осушення зсувних мас;
е-горизонтальний трубчастий дренаж. 1- перфорована труба; 2- зворотній фільтр; 3-понижений дренажем РПВ; 4-залізобетонний ростверк; 5-підпірна стінка; 6-поверхня укосу; 7-контрбанкет; 8-дренажна проріз; 9-водовідвідний колектор; 10-глинистий ґрунт; 11-камінь; 12-фашина.

Галереї обладнуються дренажними свердловинами, забивними фільтрами або самовиливними свердловинами. Самовиливні свердловини влаштовуються для зняття гідродинамічного тиску в напірних горизонтах, їх конструкції аналогічні наскрізним фільтрам.

Якщо коефіцієнт стійкості схилу підвищується менше ніж на 15-20% потрібної величини після застосування основних протизсувних дренажів, ці дренажі використовуються як допоміжні (рис.4.10), а для підвищення стійкості застосовують інші види протизсувних споруд.

4.4. Агролісомеліорація, захисні покриття і закріплення ґрунтів.

Заходи агролісомеліорації слід передбачати в комплексі з іншими протизсувними і протиобвальними заходами на завершальних етапах робіт для збільшення стійкості схилів (укосів) за рахунок зміцнення ґрунту кореневою системою, осушення ґрунту, запобігання ерозії, зменшення інфільтрації в ґрунт поверхневих вод, зниження дії вивітрювання.

Заходи агролісомеліорації включають: посів багаторічних трав, посадку дерев і чагарників у поєднанні з посівом багаторічних трав або обдернуванням. Підбір рослин, їх розміщення в плані, типи і схеми посадок слід призначати відповідно до ґрунтово-кліматичних умов, особливостей рельєфу та експлуатації схилу (укоосу), норм і термінів посіву трав і інших рослин, а також вимог щодо планування схилу ландшафтною архітектурою і охороні навколишнього природного середовища.

Підбір травосуміші з розвинутою кореневою системою на зсувних схилах повинен забезпечити міцний дерновий покрив. Як показали експерименти, утворена на укосі дернина здатна чинити значний опір розриву. Велике значення трав'яного покриття і в відношенні осушування ґрунту. Випаровування води з ґрунту трав'яного покриття в 2 рази більше, ніж при оголеній поверхні. Розхід води на транспірацію травами складає 230-250мм в рік. На змочення якісного травостою витрачається до 3-5мм рідких опадів за один дощ. Для засіву травами відкоси покривають шаром рослинного ґрунту товщиною 10см з застосуванням за необхідності органіко-мінеральних добрив.

Дернування забезпечує зразу ж достатній опір розмиву водою, що тече з швидкістю до 0.9м/с при глибині потоку 0,4м, до 1.2м/с при глибині потоку 1,0м та до 1.3м/с при глибині потоку 2,0м. Трудоемність і вартість суцільного дернування в 6-10 раз більше вартості механізованого посіву трав.

Дерева для посадки необхідно вибирати з глибокою кореневою системою в поєднанні з породами дерев із поверхневою кореневою системою.

Посів багаторічних трав без інших допоміжних засобів захисту допускається на схилах (укосах) крутизною до 35° , а при більшій крутизні (до 45°) – з просоченням ґрунту в'язкими матеріалами.

Для забезпечення стійкості схилів (укосів) у слабких і тріщинуватих ґрунтах допускається застосовувати цементацію, смолізацію, силікатування, електрохімічне і термічне закріплення ґрунтів.

Для захисту схилів (укосів) без рослинності від вивітрювання, утворення вивалів і осипів допускається застосовувати захисні покриття з торкретбетону, набризг бетону і аероцементу (спіненого цементно-піщаного розчину), що наносяться на сітку, що заздалегідь навішена і укріплена анкерами.

В наш час для захисту від ерозії широко застосовуються сучасні геосинтетичні матеріали, наприклад геомати (рис.4.11).



Рис.4.11. Укладання геомату для закріплення укосу.

ЛЕКЦІЯ 5.

КОНСТРУКТИВНІ РІШЕННЯ ПІДПІРНИХ СТІН.

5.1. Види і конструкції підпірних стін.

Підпірні стіни є одними з найважливіших видів інженерних споруд, широко застосовуються в гідротехнічному, промисловому, цивільному, дорожньому та залізничному будівництві. Вони є найважливішими елементами шлюзів, служать в якості берегоукріплювальних споруд, використовуються для кріплення котлованів, траншей, влаштування водопропусків, огорожень, штучних водойм, протизсувних споруд, стінок швидкотоків, водобійних колодязів.

Підпірними називають споруди, що призначені для огороження ґрунта або сипучих тіл від обвалення.

Згідно ДСТУ-Н Б В.2.1-31:2014 підпірні стіни – це стіни різного конструктивного рішення, призначені для сприйняття напору від бічного тиску ґрунту, води з привантаженням на його поверхні від транспортних засобів або складованих матеріалів.

Підпірні стіни поділяють: на стіни, що підтримують насип; стіни, які огорожують виїмки; стіни для кріплення берегів річок, морів тощо.

Їх також розрізняють:

- за статичною схемою роботи – на стрічкові, контрфорсні, склепінчасті;
- за характером роботи – на окремо розташовані та пов'язані з спорудою, що примикає. Крім того, необхідно розрізняти підпірні стіни, які не зазнають тиск води, та гідротехнічні;
- за висотою – на низькі (висотою до 10 м), середні (висотою від 10 до 20м) та високі (висотою більше 20м);
- за матеріалом – на залізобетонні, бетонні, бутобетонні, бутові, цегляні, дерев'яні або металеві.

За принципом роботи розрізняють підпірні стінки:

- масивні (рис.5.1а), стійкість яких забезпечено в основному їх власною вагою, та матеріал (бетон, бутова

або цегляна кладка) зазнає переважно стискуючі напруження.

- напівмасивні (рис.5.1б), стійкість яких забезпечено як власною вагою стінки, так і вагою ґрунту, що лежить на фундаментній плиті. Такі стінки звичайно являють собою конструкцію з армованого бетону, в якій розтягуючі зусилля сприймаються сталевією арматурою.
- Тонко елементні (рис.5.1в), переважно складаються зі зв'язаних одна однією залізобетонних плит. Стійкість стін такого типу забезпечується в основному вагою ґрунту над фундаментною плитою і тільки в незначній мірі власною вагою.
- тонкі (рис.5.1г), стійкість яких забезпечується защемленням їх в основу. Для зменшення глибини закладання стінок, а також для підвищення їх жорсткості застосовуються анкери.

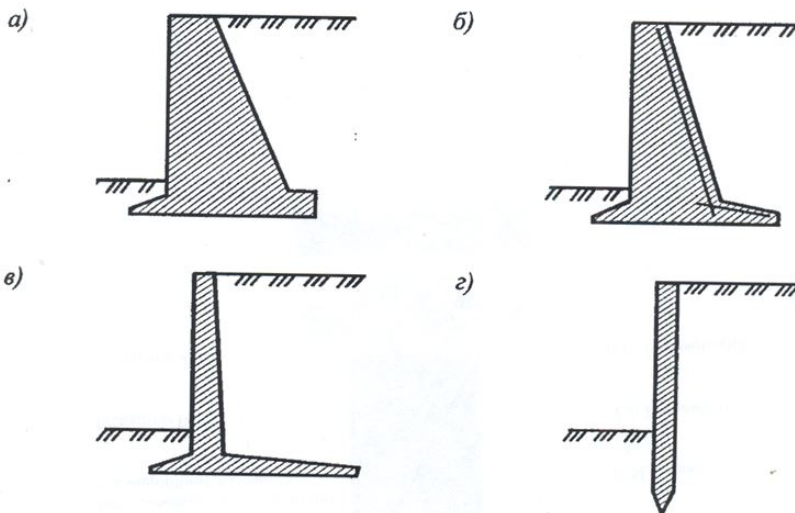


Рис.5.1. Види підпiрних стiн: а-масивна неармована;
б-напiвмасивна армована;
в-тонко елементна; г-тонка.

Масивні, напівмасивні, тонко елементні підпірні стінки на відміну від тонких можна віднести до категорії гравітаційних.

В залежності від нахилу задньої грані можна розділити підпірні стінки на круті, пологі та лежачі. При цьому круті стінки можуть мати прямий та зворотній ухил.

За способом зведення підпірні стінки поділяють на монолітні та збірні.

Монолітні залізобетонні підпірні стінки, як правило, виконуються кутникового профілю та можуть бути консольними (рис.5.2а) або контрфорсними (рис.5.2б).

Підпірні стінки кутникового профілю виконують у вигляді окремих ланок на заводах залізобетонних виробів, а потім транспортують на будівельний майданчик. Вони бувають консольними та контрфорсними.

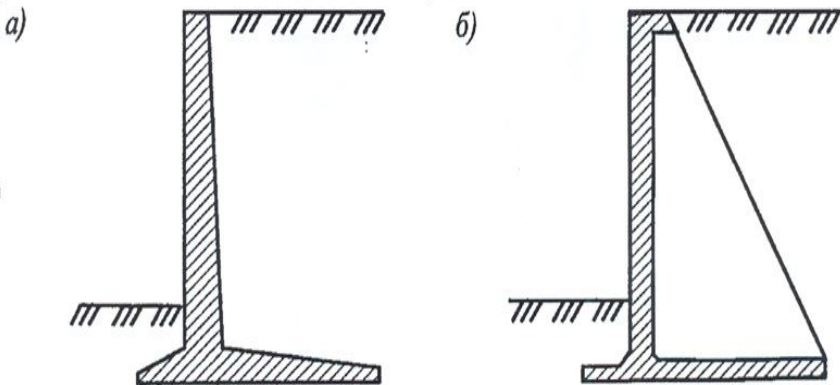


Рис.5.2. Стінки кутникового профілю: а-консольна; б-контрфорсна.

Консольні та без реберні, виконують з вертикальною огороджуючою стіною та фундаментною плитою. Всі елементи без ребристої стінки працюють на згин. Армуються вони або окремими стержнями, або зварними сітками та каркасами. Контрфорсні, або ребристі, підпірні стінки являють собою конструкцію, що складається з двох основних елементів – вертикальних контрфорсів, які встановлені на певній відстані один від одного, та опираються залізобетонних плит, котрі на

них опираються. Тиск ґрунту сприймається плитами та передається на контрфорси. Такі стінки можуть бути як повністю збірними, так і збірно-монолітними. В останньому випадку стовпи-контрфорси виконуються на будівельному майданчику. Для влаштування берегоукріплення та набережних незначної висоти застосовують стіни, в яких роль контрфорсів виконують залізобетонні палі, зв'язані поверху залізобетонним поясом.

Основним обмеженням при виготовленні ланок ребристих кутникових плит є вантажопідйомність монтажно-будівельних засобів. Вже при невеликій висоті ці стінки стають важкими та незручними для монтажу. Їх стійкість забезпечується в основному вагою ґрунту, що розміщений над фундаментною плитою та створює момент, протилежний моменту від бічного тиску ґрунту.

Збірні підпірні стінки частіше всього виконують з залізобетонних елементів, що виготовляються в заводських умовах (рис.5.3). В практиці будівництва застосовуються збірні підпірні стінки з пустотілих ящиків, ражеві тощо.

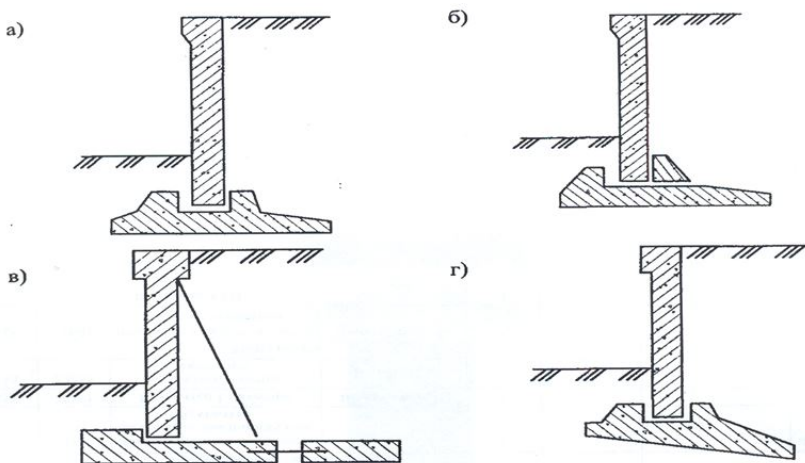


Рис. 5.3 Збірні підпірні стінки з різним з'єднанням елементів: а-за допомогою цілиного пазу; б-за допомогою петлевого стику; в- з анкерною плитою; г- з нахиленою підшоивою.

Застосовують багато видів збірних стін комбінованого типу. Наприклад, стінки, що складаються з залізобетонних паль, збірної залізобетонної плити ростверку та залізобетонної стінки кутникового профілю, яка встановлюється на цю плиту.

Фундаменти підпірних стін за заглибленням можна розділити на два основних типи – мілкого та глибокого закладання. Вони можуть бути зведені на природній основі, на штучній або на палях.

Підпірні стіни та утримуючі протизсувні споруди рекомендується виконувати з бурових паль.

Конструкцію сітні з бурових паль вибирають залежно від призначення проєктованої споруди, характеру і величини навантажень, гідрогеологічних і інженерно-геологічних умов району будівництва, планувальних відміток місцевості та інших чинників.

Конфігурацію споруди в плані визначають її призначенням і розташуванням.

Глибину закладання бурових паль в ґрунті призначають залежно від інженерно-геологічних умов, розрахункових навантажень і прийнятої конструкції стіни.

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

- однорядними з переривчасто розташованими палями – при порівняно невеликих величинах тиску ґрунту на споруду. Відстань між палями визначають за розрахунком на горизонтальні деформації, стійкість стіни і продавлювання ґрунту між палями. При розташуванні паль без проміжків можливе виникнення баражного ефекту і підняття рівня підземних вод;
- дворядними – при великих значеннях тиску ґрунту і необхідності не перегороджувати фільтраційний потік;
- у вигляді куців – під стояки або окремі опори (об'єкти лінійної інфраструктури);
- трирядними – за доцільності, доведеної розрахунком.

Характерною конструктивною особливістю підпірних стін є їх значна протяжність порівняно з іншими розмірами.

Габарити підпірних стін визначаються одним параметром – висотою підпору ґрунту. Тобто різницею перепаду верхніх та нижніх планувальних відміток.

Попередній розмір підшови масивних підпірних стінок назначається в межах $(0.5-0.7)h$. Мінімальні розміри, мм, січень їх елементів рекомендується призначати: для бутобетонних стін – 600, для бетонних – 400, для залізобетонних – 100.

Основні розміри підпірних стін (тобто висоту, ширину підшови) потрібно призначати, як правило, кратною 300 мм. Розміри товщини елементів стіни і підшови призначають кратними 20мм.

Глибину закладання підшови підпірної стінки приймають у відповідності з вимогами ДБН В.2.1-10-2018. Мінімальна глибина закладання має бути не менше 0.6м в нескельних і не менше 0.3м – в скельних ґрунтах. При наявності кювета глибина закладання приймається від його дна.

При наявності в основі стіни слабких ґрунтів з розрахунковим опором 100-200 кПа або здимальних, глинистих ґрунтів при глибині промерзання, рівній або більшій, ніж заглиблення фундаментної плити, основою може служити піщана або щебенева подушка. Ґрунт природного залягання виймається на глибину не менше ніж 600 мм від підшови стіни та замінюється піском або щебнем. Пісок відсипається шарами, поливається водою та трамбується.

Подушку потрібно виконувати в котловані з гранично крутими укосами. Розміри подушки мають бути відповідно до розмірів підшови на 400мм (по 200мм в кожную сторону) при засипці піском та на 600 мм (по 300мм в кожную сторону) при засипці котловану щебнем.

Під підшовою монолітної стіни потрібно влаштувати бетонну підготовку товщиною 100 мм, яка повинна виступати за грань підшови не менше ніж на 100мм.

Збірні фундаментні плити необхідно встановлювати на підготовлену основу у вигляді втрамбованого в ґрунт щебню. Товщина шару щебню має бути не менше 100мм та виступати за грань підшови не менше ніж на 150мм.

При наявності в основі слабких ґрунтів (за відповідного обґрунтування) може бути виконано основу у вигляді пальового ростверку тощо.

В поздовжньому напрямку підшову підпірної стінки слід приймати горизонтальною або з ухилом не більше ніж 0.02. При більшому ухилі підшову виконується східчастою. В поперечному напрямку підшову підпірної стінки приймають горизонтальною або з ухилом в бік засипки не більше ніж 0.125.

Конструкцію підпірних стін повинні бути розділені на всю висоту (включаючи фундамент) температурно-осадовими швами. Відстань між швами приймають: не більше 10м – в монолітних бутобетонних та бетонних підпірних стінках без конструктивного армування, 20м – в монолітних бетонних конструкціях при конструктивному армуванні та в монолітних і збірно-монолітних залізобетонних конструкціях та 30м – в збірних залізобетонних конструкціях. При наявності в основі підпірної стінки неоднорідних ґрунтів відстань між швами має бути зменшена з таким розрахунком, щоб підшва фундаменту кожного відсіку спиралась на однорідний ґрунт. Відстань між швами допускається збільшувати при перевірці конструкцій розрахунком. Шви в монолітних бетонних та залізобетонних конструкціях виконуються шляхом установки в тіло конструкції просмоленої дошки. Їх ширина приймається рівною 30мм.

Армування монолітних підпірних стін може здійснюватись окремими стрижнями (рис.5.4). Товщина захисного шару бетону для робочої арматури в збірних залізобетонних конструкціях приймається не менше 30 мм та не менше діаметра робочої арматури; в монолітних конструкціях – не менше 35 мм та не менше діаметра робочих стрижнів. В монолітних фундаментних плитах при відсутності бетонної підготовки захисний шар бетону для нижньої робочої арматури має бути не менше 70мм.

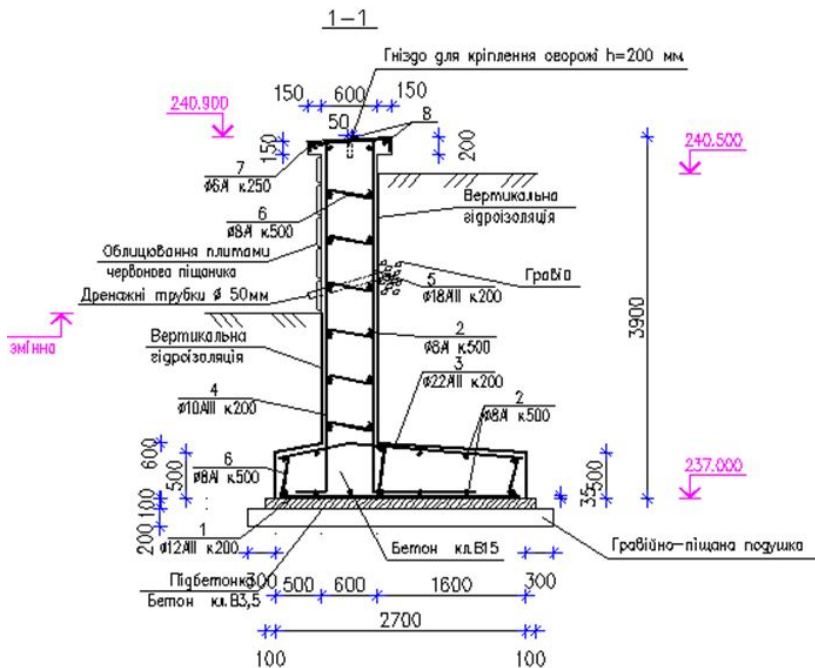


Рис.5.4. Схема армування підпірної стінки.

5.2 Розрахунок підпірних стін.

Основним навантаженням на підпірні споруди в більшості випадків є бічний тиск ґрунтів в їх природньому заляганні або зворотної засипки та тиск підземних вод.

Тиск ґрунту на підпірні споруди визначають в залежності від значень переміщень та деформацій, які реалізуються в результаті сумісної роботи підпірної стінки та ґрунтового масиву на кожному етапі розробки ґрунту. В залежності від значення та напрямку переміщень підпірної конструкції, значення бічного тиску ґрунту може змінюватись від активного до пасивного тиску (рис. 5.5г).

Тиск ґрунту на огорожуючу поверхню (підпірні стінки) залежить від багатьох факторів: способу та послідовності засипання ґрунту; природнього та штучного трамбування;

фізико-механічних властивостей ґрунтів; випадкових або систематичних струсів ґрунту; осідань і переміщень стінки під дією власної ваги ґрунту; типу спряжених споруд. Задачі по підпірних стінках є переважно плоскими (плоска деформація). Стінки вважаються жорсткими.

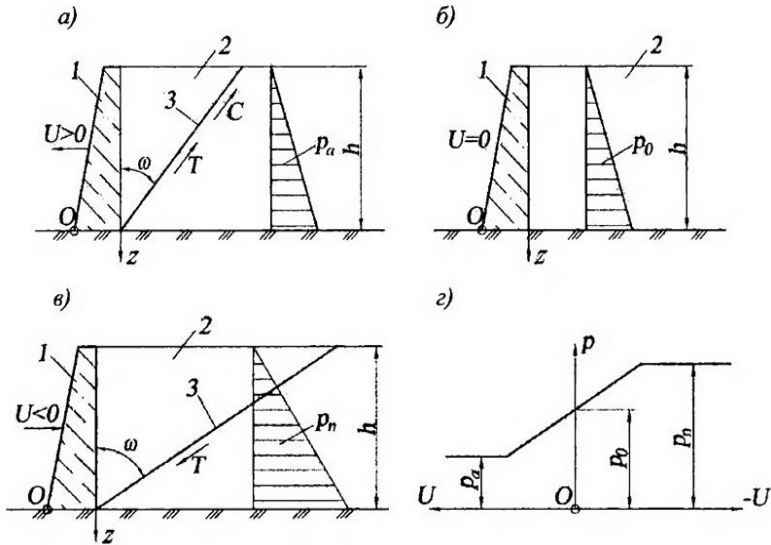


Рис. 5.5. Активний тиск p_a , тиск спокою p_0 , пасивний тиск p_n :
 а, в – розрахункові схеми активного та пасивного тиску,
 б – розрахункова схема тиску спокою, г- зв'язок між тисками p_a , p_0 , p_n і напрямками переміщень U підпірної стінки; підпирна стінка, 2 – зворотна засипка, 3- лінія ковзання; T , C напрямки сил внутрішнього тертя та питомого зчеплення ґрунту.

Розрізняють наступні види бічного тиску ґрунту на огорожуючі конструкції: активний тиск, тиск спокою, пасивний тиск:

- Активний тиск виникає при умові виникнення лінії ковзання та призми руйнування (рис. 5.5а). Для цього необхідно, щоб підпирна стінка мала можливість невеликого зміщення (горизонтального або повороту

навколо точки О) в сторону від зворотної засипки. Інакше розрахункова схема 5.5а не реалізується;

- Тиск спокою (рис. 5.5б), називають також природним та діючим в тому випадку, коли підпірна споруда нерухома або відносні переміщення ґрунту та конструкції малі (менше $0.0005 h$, де h – вільна довжина підпірної стінки або перепад відміток ґрунту, який нею утримується);
- Пасивний тиск відповідає умовам коли підпірна стінка зміщується в сторону засипки, та досягає розрахункового розміру після утворення лінії ковзання на рисунку 5.5 в.

Слід зауважити, що для реалізації активного тиску ґрунту необхідно відносно переміщення підпірної стінки y/h , яке рівне орієнтовно 0.002 , а для досягнення пасивного тиску в 5-10 раз більше причому в зворотному напрямку. Тобто при висоті підпірної стінки 5.0 м (5000 мм) активний тиск реалізується при переміщенні верху споруди на 0.01 м (10 мм) а пасивний при переміщенні 0.1 м (100 мм). Схематично це показано на рисунку 5.6.

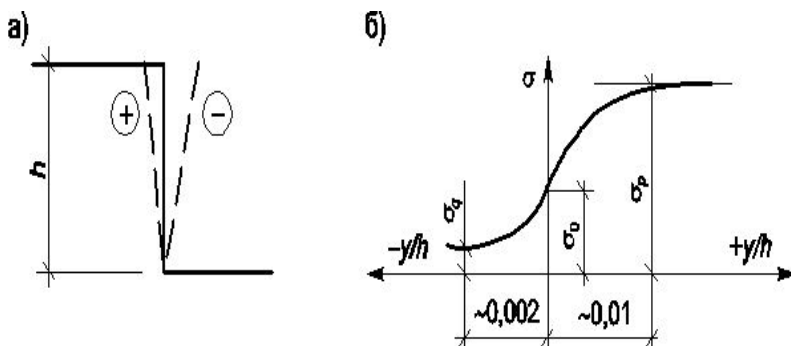


Рис. 5.6. Зміна тиску ґрунту на підпірну стінку при її зміщенні:
а) схема зміщення; б) залежність $\sigma = f(y/h)$.

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 конструкцій;

- Переміщення споруди, яке може призвести до руйнування, погіршення експлуатаційних якостей, вплинути на роботу споруди або сусідніх споруд і мереж;

- Недопустимі витoki через стіну або під нею;

- Недопустимі зміни стоку підземних вод.

При розрахунках підпірних стін слід враховувати також наступні граничні стани.

Для стін з розвиненою площею опирання:

- Недостатня несуча здатність ґрунту під спорудою;

- Руйнування, викликане ковзанням по підшві;

- Руйнування обумовлене перекиданням;

Для стін кінцевої жорсткості:

- Руйнування конструкції чи її частин від кутового або поступального зсуву;

- Руйнування пов'язане з порушенням вертикальної рівноваги (втрати вертикальної стійкості).

Підпірні стіни слід розраховувати за двома групами граничних станів:

за першою групою (за несучою здатністю) виконуються розрахунки на:

- Стійкість положення стіни проти зрушення;

- Несучу здатність ґрунтової основи;

- Міцність скельної основи;

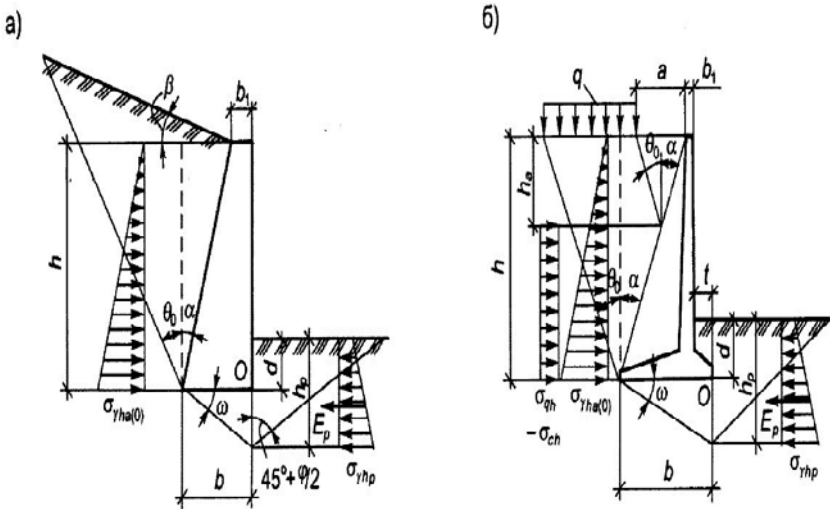
- Міцність елементів конструкцій і вузлів з'єднань;

за другою групою (за придатністю до експлуатації) виконують розрахунки:

- Основ за деформаціями;

- Елементами конструкцій за тріщиностійкістю.

Епюри тиску ґрунту для масивних і кутникових підпірних стін наведено на рисунку 5.7.



а) – масивних; б) – кутникового профілю

Рис. 5.7. Розрахункові схеми підірних стін.

Розрахунок стійкості положення стіни проти зрушення виконують з умови:

$$F_{sd} \leq \gamma_c \frac{F_{ud}}{\gamma_n} \quad (5.1)$$

, де F_{sd} – сила зрушення, що дорівнює сумі проєкцій всіх сил зрушення на горизонтальну площину;

F_{ud} – утримуюча сила, що дорівнює сумі проєкцій всіх утримуючих сил на горизонтальну площину;

γ_c – коефіцієнт умов роботи ґрунту основи для пісків, окрім пілуватих – 1; для пілуватих пісків, а також глинистих ґрунтів в стабілізованому стані – 0,9; для глинистих ґрунтів в нестабілізованому стані – 0,85; для скельних, невивітрилих і слабовивітрилих ґрунтів – 1; вивітрилих – 0,9; сильновивітрилих – 0,8;

γ_n – коефіцієнт надійності за призначенням споруди згідно ДБН В.1.2-14.

Розрахунок стійкості підпірних стін проти зрушення виконують за формулою (5.1) для трьох значень кута ω :

$$\omega=0, \omega=\varphi_1/2 \text{ і } \omega= \varphi_1$$

При похилій підошві стіни, окрім вказаних значень кута ω , слід виконувати розрахунок проти зрушення також для негативних значень кута ω .

Розрахунок підпірної стіни за деформаціями основи за відсутності спеціальних технологічних вимог полягає у виконанні наступних двох умов:

$$p_{sr} \leq R(5.2)$$

$$p_{\max} \leq 1.2R(5.3)$$

, де p_{sr} – середній тиск на ґрунт в підошві підпірної стінки, кПа;

, p_{\max} – максимальний тиск на ґрунт в підошві підпірної стінки, кПа;

, R – розрахунковий опір ґрунту основи в підошві підпірної стінки, кПа.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. ДБН А.2.1-1-2008 Інженерні вишукування для будівництва./ К.: Мінбуд України, 2008. / 36 с.
2. ДБН В.2.1-10-2009 Основи і фундаменти будівель і споруд. Основні положення проектування. / К.: Мінбуд України, 2009. / 78 с.
3. ДБН В.2.1-10-2018 Основи і фундаменти будівель і споруд. Основні положення. / К.: Мінбуд України, 2018. / 78с.
4. ДБН В.1.1-24:2009 Захист від небезпечних геологічних процесів. Основні положення проектування. / К.: Мінбуд України, 2010. / 108 с.
5. ДБН В.1.1-25:2009 Захист від небезпечних геологічних процесів. Інженерний захист територій та споруд від підтоплення та затоплення. / К.: Мінбуд України, 2010. / 52 с.
6. ДБН В.1.1-46:2017 Інженерний захист територій, будівель та споруд від зсувів та обвалів. Основні положення. / К.: Мінбуд України, 2017. / 43 с
7. ДСТУ-Н Б В.1.1-37:2016 Настанова щодо інженерного захисту територій, будівель та споруд від зсувів та обвалів. / К. Мінбуд України, 2017. / 89 с.
8. ДСТУ-Н Б В.1.1-38:2016 Настанова щодо інженерного захисту територій, будівель та споруд від підтоплення та затоплення. / К.: Мінбуд України, 2017. / 135 с.
9. ДСТУ-Н Б В.1.1-41:2016 Настанова щодо проектування, будівель і споруд на закарстованих територіях. / К.: Мінбуд України, 2017. / 89 с.
10. Ginzburg L.K. Landslide retaining structures. / Stroyizdat 2022. / 80 с.
11. Великодний Ю.Й. Захист територій від зсувів. / Полтава 2006. / 113 с.
12. ВБН В.2.4-33-2.3-03-2000 Регулювання русел річок. Норми проектування / К:Аграрна наука, 2000. / 304 с.
13. ДБН В.1.2-14:2018 Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд. /К. Мінбуд України, 2018. / 30 с.
14. Shadunts K.Sh. Landslides-streams. / М: Nedra, 1983./119 с.

15. Reference guide Forecasts of flooding and calculation of drainage systems in built-up and built-up territories. / Stroyizdat, 1981. / 273 с.

16. Полевецький В.В. Регіональні особливості протизсувних споруд та зсувонебезпечних схилів Чернівецької області: дис. канд. техн. наук. / К.: НДІБК, 2010. / 204 с.

17. Калюх, Ю.І, Трофимчук О.М., Яковлев Є.О., Кільвандер Є.Я., Сільченко К.В., Полевецький В.В, Геотехнічні проблеми діагностики, моніторингу, розрахунку та інженерного захисту зсувонебезпечних схилів та протизсувних споруд у сейсмонебезпечних регіонах України. Досвід Державного науково-дослідного інститута будівельних конструкцій за останні 5 років. / К.: Світ геотехніки, 2013. / 23-25 с.

18. Механіка ґрунтів. : конспект лекцій. Полевецький В.В., Собко Ю.Т./Чернівці Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича, 2023 / 58 с.

19. Технологія будівельного виробництва: конспект лекцій Собко Ю.Т., Новак Є.В./Чернівці Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича, 2023 / 58 с.

20. ВНД 33-5.5-14-03 Річки гірські. Регулювання русел та догляд. / К.: Державний комітет України по водному господарству, 2003. / 69 с.

21. ДБН В.1.1-45:2017 Будівлі і споруди в складних інженерно-геологічних умовах. Загальні положення. / К. Мінбуд України, 2017. / 23 с.

22. Klein H.K. Calculation of retaining walls. / Higher. school, 1964. / 196 с.

23. Volosukhin V.A., Dyba V.P., Yevtushenko S.I. Calculation and design of retaining walls of hydraulic structures. / Higher. school, 1964. / 196 с.

24. Emelyanova E.P. The main regularities of landslide processes. / Nedra, 1972. / 308 с.

25. Maslov N.N. Fundamentals of engineering geology and soil mechanics.- Vysshaya shkola, 1982. / 511 с.

26. Kilvander E.Ya. On calculation of natural oscillation period of landslide slopes / E.Ya. Kilvander, O.V. Snezhko // XIIIth European conference on soil mechanics and

geotechnical engineering: Int. conf., 25 – 28 august 2003. — Prague: [s.n.], 2003. — P. 649 – 652.

27. Билеуш А. И. Оползни и противооползневые мероприятия / А. И. Билеуш. – К. : Наук. думка, 2009. — 330 с.

28. Инженерная подготовка территорий в сложных условиях / А.И. Билеуш, А. Г. Марченко, Я. И. Середяк , А. С. Штекель. — К.: Будівельник, – 1981. — 208 с.

29. ДСТУ-Н Б В.2.1-31:2014 Настанова з проектування підпірних стін / Мінбуд України, 2014. / 83 с.

30. R. Shuster, R. Krizek. Landslide Research and strengthening. / Mir, 1981. / 368 с.

Для нотаток

Навчальне видання
ІНЖЕНЕРНИЙ ЗАХИСТ ТЕРИТОРІЙ

Конспект лекцій

Укладачі: **Полевецький** Василь Васильович
Собко Юрій Тарасович

Відповідальний за випуск **Новіков С.М.**
Літературний редактор **Лукул О.В.**
Технічний редактор **Цвіра А.В.**

Підписано до друку 00.05.2024. Формат 60x84/16.
Електронне видання. Умов.-друк. арк. 3,8.
Обл.-вид. арк. 4. Зам. Н-000.
Видавництво Чернівецького національного університету.
58012, Чернівці, вул. Коцюбинського, 2.
e-mail: ruta@chnu.edu.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 891 від 08.04.2002.