

## КЛАСИФІКАЦІЯ ПІДПІРНИХ СТІН

У статті наведено класифікацію різних конструкцій підпірних стін. Особливу увагу приділено матеріало-зберігаючим конструкціям. Зокрема, розглянуто конструкції підпірних стін з застосуванням мембранних матеріалів і армованого ґрунту. Відзначено підпірні стіни з застосуванням залізобетонних оболонок різної форми, стіни на пальовому фундаменті, стіни з габіонів та анкерно-контрфорсні стіни.

*Ключеві слова:* підпірна стіна, ґрунтовий масив, мембранні матеріали, пальовий фундамент

### Вступ

В процесі своєї діяльності будівельники часто стикаються з ситуацією, коли ґрунтовий масив не може втриматися в рівновазі сам по собі. В цей момент виникає необхідність створити посилення ґрунту. Це завдання постає при будівництві на ділянках з природним або штучним ухилом, із складним і різноманітним рельєфом, при необхідності будівництва будівель і споруд, що піднімаються над місцевістю, а також при зведенні транспортних споруд як в виїмках, так і в насипах, зміцненні стін котлованів. Задача вирішується використанням підпірних стін і шпунтових огорожень різних конструкцій. Останнім часом з'явилися нові типи підпірних стін, що відрізняються значно меншою матеріаломісткістю, а також застосуванням нових синтетичних матеріалів. З цієї причини розширення і вдосконалення існуючої класифікації підпірних стін є важливим завданням.

### Основна частина

Підпірною стіною називається споруда, що утримує ґрунт від обвалення в укосах насипів і виїмок.

Грань стіни, звернена в бік засипки, називається задньою, а грань, звернена в протилежну сторону – передньою.

Розрізняють такі форми вільної поверхні ґрунту за підпірною стіною: горизонтальну; укіс що піднімається; падаючий укіс; напівукіс; ламану, не сплановану.

Класифікація підпірних стін може бути проведена за різними ознаками.

1. За призначенням. За цією класифікацією дуже складно розділити, так як в даний час підпірні стіни знаходять надзвичайно велике і різноманітне застосування в будівництві. Однак можна все ж розділити підпірні стіни на стіни, що підтримують насип, і стіни, що захищають виїмки.

2. За характером роботи потрібно розрізняти наступні підпірні стіни, що окремо стоять і пов'язані з прилеглими спорудами. Крім того, слід розрізняти підпірні стіни, які не піддаються тиску води, і гідротехнічні.

3. По висоті підпірні стіни підрозділяються на низькі – заввишки до 10 м, середні – висотою від 10 до 20 м і високі – висотою більше 20 м.

4. За матеріалом підпірні стіни можуть виготовлятися із залізобетону, бетону, бутобетону, бутової або цегельної кладки, різних дерев'яних або металевих конструкцій. Останнім часом, особливо в зарубіжній практиці будівництва все ширше застосовуються підпірні стіни з застосуванням сучасних синтетичних матеріалів.

5. За принципом роботи розрізняють такі типи підпірних стін:

5.1. Гравітаційні підпірні стіни, які в свою чергу можна розділити на масивні, напівмасивні, тонкоелементні і ґрунтозаповнені.

5.1.1. Масивні підпірні стіни, стійкість яких забезпечується в основному їх власною вагою і матеріал (бетон, бутова або цегляна кладка) відчуває переважно стискаючі зусилля (рис. 1). В залежності від нахилу задньої грані можна розділити підпірні стіни на круті, пологі і лежачі. Залежно від форми поперечного перерізу – на прямокутні, трапецеїдальні з похилою задньою і/або передньою гранню, нахилені в бік засипки, із ступінчастою задньою гранню, з розвантажувальним майданчиком та ін;

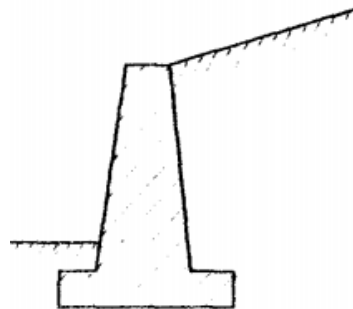


Рис. 1. Масивна підпірна стіна

5.1.2. Напівмасивні підпірні стіни, стійкість яких забезпечується як власною вагою стінки, так і вагою ґрунту, який лежить на фундаментній плиті (рис. 2). Такі стіни зазвичай являють собою конструкцію з армованого бетону, в якій розтягуючі зусилля сприймаються сталевую арматурою.

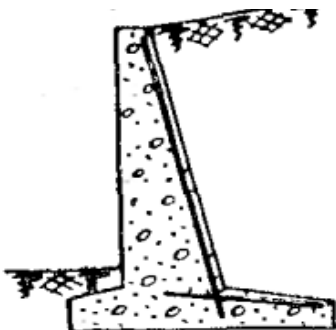


Рис. 2. Напівмасивна підпірна стіна

5.1.3. Тонкоелементні (кутового типу) підпірні стіни, зазвичай складаються з жорстко пов'язаних один з одним лицьових і фундаментних плит (рис. 3). Стійкість стін цього типу забезпечується в основному вагою ґрунту над фундаментною плитою і лише в невеликому ступені власною вагою. Вони отримали найбільш широке поширення в будівництві. Такі стіни можуть виконуватися з розвантажувальними майданчиками, фундаментні плити можуть виготовлятися горизонтальними, для збільшення опору зрушенню - похилими і з шипом.

По конструкціях кутові підпірні стіни можуть бути виконані монолітними, збірно-монолітними, а також збірними. Збірні кутові стіни можуть виготовлятися заводським способом - серійно і високої якості. Збірні кутові підпірні стіни дозволяють економити час будівництва, поліпшити якість і контроль виробів.

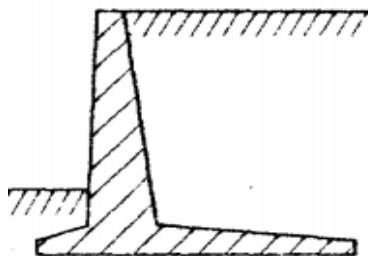


Рис. 3. Тонкостіна кутова підпірна стіна

Добре вивченим варіантом кутових підпірних стін є стіни-оболонки. Вони складаються з лицьової плити у формі оболонки і фундаментної плити, яка може бути плоскою або у вигляді

оболонки. В кутових стінах найбільш доцільно використовувати оболонки, момент опору перерізу яких зростає зверху вниз – відповідно до зростання епюри згинальних моментів. Цією властивістю володіють оболонки типу гіперболічного параболоїда і коноїда. Поряд з гіперболічним параболоїдом і коноїдом, які є оболонками подвійної кривизни, запропоновано більш прості форми оболонки – складчасті, які не мають зазначених властивостей зміни моменту опору, але більш технологічні при виготовленні, так як складаються з окремих плоских плит. Необхідно відзначити, що у всіх без винятку випадках заміни площинних конструкцій залізобетонних підпірних стін на просторові досягається суттєвий техніко-економічний ефект, що полягає не тільки в різких скорочення витрат матеріалів (особливо арматурної сталі), але і в зниженні трудомісткості будівельно-монтажних робіт і загальної вартості зведення стін. До того ж, такі підпірні стіни мають візуальну привабливість лицьової поверхні.

5.1.4. Ґрунтозаповнені підпірні стіни складаються з різного роду конструкцій заповнених ґрунтом (рис. 4). Це можуть бути пустотілі ящики (рис. 5), які встановлюються в один, два і більше ярусу і заповнюються ґрунтом. Ящики можуть виготовлятися із залізобетону, металевих профільованих листів. Сюди ж слід віднести наскрізні конструкції зі збірних залізобетонних блоків або металевих профільованих листів. Широко поширеним варіантом ґрунтозаповнених підпірних стін є стіни з габйонів різних конструкцій.

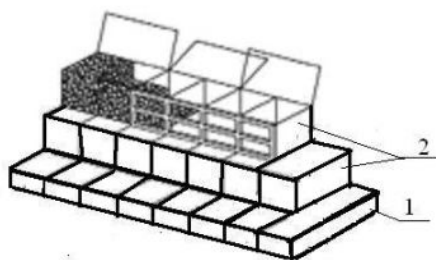


Рис. 4. Рекомендована схема установки ящиків в підпірній стінці:

1 – низький ящик; 2 – високий ящик

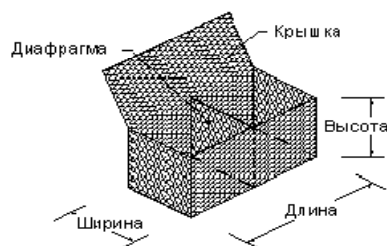


Рис. 5. Ящик для підпірної стінки

Їх перевагами є: низька матеріаломісткість; висока опірність навантажень; корозійна стійкість від дії води і ґрунту, атмосферних впливів, наносів; проникність і пористість конструкцій, яка забезпечує дренавання зворотної засипки; гнучкість, яка дозволяє цій структурі поглинати осідання ґрунту без руйнування споруди.

Ґрунтозаповнені підпірні стіни доцільно виконувати біопозитивними, заповнювати їх лицьову поверхню рослинним ґрунтом з наступним посівом і висадкою рослин. Стійкість споруди забезпечується: а) власною вагою; б) власною вагою і анкеруванням до армованого ґрунту зворотної засипки.

5.2. Контрфорсні підпірні стіни складаються з фундаментної і лицьової конструкцій, для збільшення жорсткості між якими влаштовуються контрфорси або поперечні ребра (рис. 6). Лицьова конструкція сприймає горизонтальний тиск ґрунту і передає його на контрфорси. Контрфорси, в свою чергу, передають навантаження на фундаментну конструкцію.

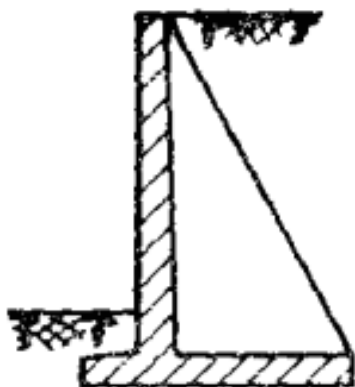


Рис. 6. Контрфорсна підпірна стіна

Традиційно, такі підпірні стіни виконувалися із залізобетону з щільною лицьовою частиною і масивними контрфорсами. Більш економічними рішеннями по витраті бетону і сталі є контрфорсні підпірні стіни, в яких в якості лицьової конструкції використовуються різної форми оболонки або мембрани, а контрфорс являє собою буронабивну палю вище рівня ґрунту, дві посічені палі або палю з розширенням ствола нижче рівня ґрунту. В контрфорсних підпірних стінках використовуються циліндричні, параболічні і коноїдалні оболонки. Ці типи оболонок у напрямку хвилі (тобто в напрямку прольоту між сусідніми контрфорсами) працюють переважно на стиск з невеликими крайовими моментами, що дозволяє практично

виключити робочу арматуру і значно знизити товщину оболонок. Цікаві коноїдалні оболонки, стріла підйому яких зростає зверху вниз пропорційно зростанню активного тиску ґрунту, тому оболонка однаковою товщиною у всіх перетинах.

Поряд з низкою типів підпірних стін у формі оболонок запропоновано виконання біопозитивних підпірних стін, тобто стін з лицьовими плитами у формі оболонок, які мають горизонтальні майданчики з відкритим ґрунтом, в якому висаджують в'юнкі рослини, і таким чином отримують озеленену вертикальну поверхню фасаду. Відомо, що саме зелена поверхня не викликає втоми очей водіїв на автодорогах. Аналогічно, як свідчать деякі дослідники, впливає і немонотонна лицьова поверхня підпірних стін-оболонок.

Контрфорсні підпірні стіни з вертикальним розташуванням мембран в якості лицьових елементів володіють зниженою витратою бетону і арматурної сталі. В якості мембран можуть застосовуватися полотна зі склопластику, склотканини, поліетилену, поліпропілену. Такі стіни можуть бути з анкерами, які утримують контрфорси, і без анкерів. Гнучка мембрана може мати циліндричну (рис. 7, а) або коноїдалну форму (див. рис. 7, б). З точки зору економії матеріалів переважає коноїдална форма, тобто трохи нагадує коноїда форма поверхні, яка приймається мембраною при ущільненні ґрунту засипки. Так як тонка мембрана (товщиною менше 1 см) дуже схильна до механічних пошкоджень, доцільно прикріпити захисно-декоративний екран на лицьовій поверхні стіни, прикріпленого до контрфорсів (див. рис. 7, в). Для зниження витрат матеріалів конструкція екрану може бути з отворами. Простір між екраном і мембраною можна заповнити ґрунтом, в який корисно висаджувати декоративні рослини. Таким поділом функцій (мембрана – несуча конструкція, а екран – захисна) може бути створена легка й виразна підпірна стіна.

Цікавою конструкцією є анкерно-контрфорсні підпірні стіни. Вони складаються з особових плит і контрфорсів, розташованих з боку ґрунтової засипки та затиснених в ній, тобто є одночасно жорсткими анкерними елементами. Ці конструкції дозволяють залучити ґрунт в роботу споруди та реалізувати несучу здатність системи «споруда – ґрунт», знизивши при цьому матеріаломісткість конструкції.

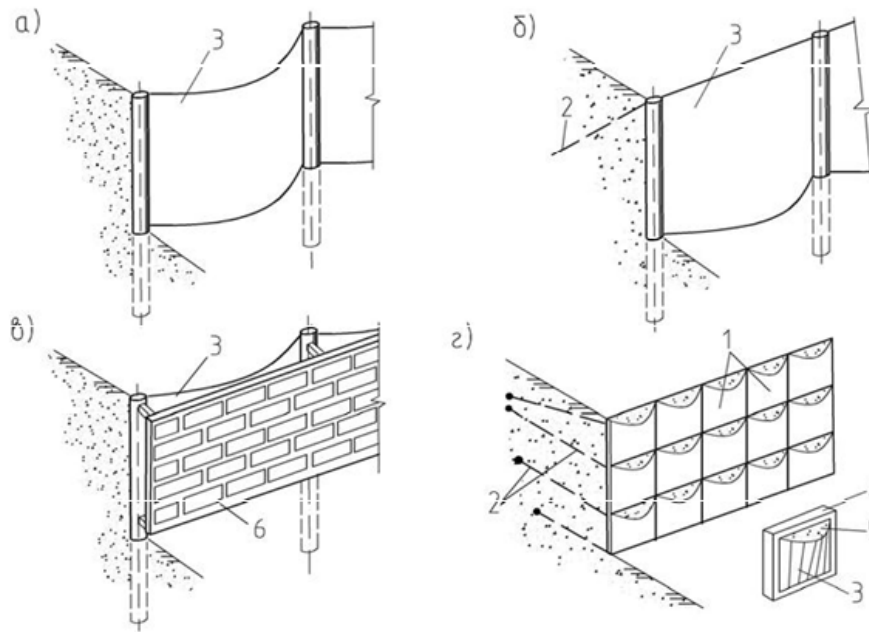


Рис. 7. Варіанти матеріалозберігаючих підпірних стін з застосуванням мембранних матеріалів:  
 а) – контрфорсні з циліндричними мембранами; б) – те ж, з коніодальними мембранами; в) – те саме, з декоративним захисним екраном; г) – з мембранними лицьовими елементами і гнучкими, армуючими ґрунт анкерами; 1 – мембранний лицьовий елемент; 2 – гнучкий анкер; 3 – мембрана, 4 – рамка, 5 – ґрунт; 6 – захисний екран

5.3. Підпірні стіни на пальовому фундаменті на відміну від стін на природній основі зводяться на палях (рис. 8). Застосовуються вони головним чином при недостатній міцності ґрунтів під подошвою підпірної стіни. Навантаження передаються палями на глибокі міцніші шари ґрунту. Існують різні варіанти устрою пальового основи, що розрізняються видом застосовуваних паль, їх взаємним розташуванням і технологіями зведення. Також можливі різні варіанти конструкції, що сприймають горизонтальний тиск ґрунту. Це може бути масивна стіна, кутова у формі плоскої плити або оболонки, жорстко пов'язаної з пальових ростверком.

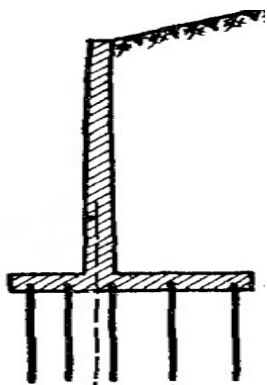


Рис. 8. Підпірні стіни на пальовому фундаменті

5.4. Підпірні стіни з паль є підпірні споруди, що виконуються з паль різних видів і технологій зведення, які можуть розташовуватися в один або більше рядів. Ряди паль доцільно

об'єднувати загальним ростверком.

5.5. Підпірні стіни з армованого ґрунту. Це підпірні стіни з лицьовими елементами у вигляді малорозмірних збірних плит або оболонок з металу, залізобетону, бетону або пластмас і заанкерених в насипний ґрунт з пошаровим ущільненням за допомогою гнучких смугових анкерів, сіток або суцільних мембран. Хоча вони отримали назву конструкцій з армованого ґрунту, було б правильніше сказати, що вони є стінами із застосуванням армованого ґрунту і збірних особових плит.

Розвиваються методи армування насипного ґрунту з подальшим ущільненням, в тому числі пошарове армування смугами або мембранами, і дисперсне армування добавкою в ґрунтову суміш синтетичних волокон. Переваги армування полягають у можливості все більшого включення в роботу обсягу ґрунту.

Слід зазначити повністю мембранні підпірні стіни, в яких гнучкі мембрани, що сприймають тиск ґрунту, передають зусилля на анкерні горизонтально розташовані мембрани.

Підпірні стіни з армованого ґрунту можуть бути альтернативним варіантом практично у всіх випадках застосування традиційних підпірних стін різних конструкцій.

5.6. Тонкі (консольні) підпірні стіни (рис. 9), стійкість яких забезпечується защемленням їх в основу. До цього типу належать шпунтові підпірні стіни, а також зведені методом «стіна в

грунті». Для зменшення глибини закладення таких стінок, розміри їх перетину, а також для підвищення їх жорсткості застосовуються ґрунтові анкери різних конструкцій, або армування ґрунту зворотної засипки, що знижує бічний тиск ґрунту на стіну.

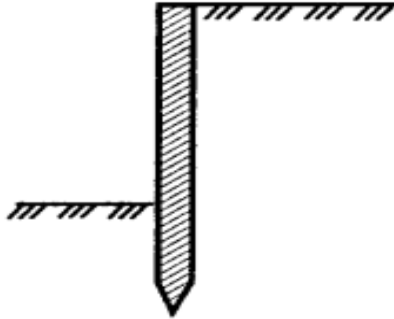


Рис. 9. Підпiрні стiни на пал'овому фундаментi

5.7. Пальово-анкерна споруда. Спорудження утворюється з вертикальних залізобетонних буронабивних паль, яке складається як мінімум із двох паралельних рядів паль на схилі гір і розташованих у шаховому порядку в плані.

Ростверки нижнього ряду паль похило з'єднуються за допомогою анкерних тяг палями верхнього ряду в результаті утворюється комплексне споруда з жорстких паль і гнучких залізобетонних анкерних тяг (рис. 10).

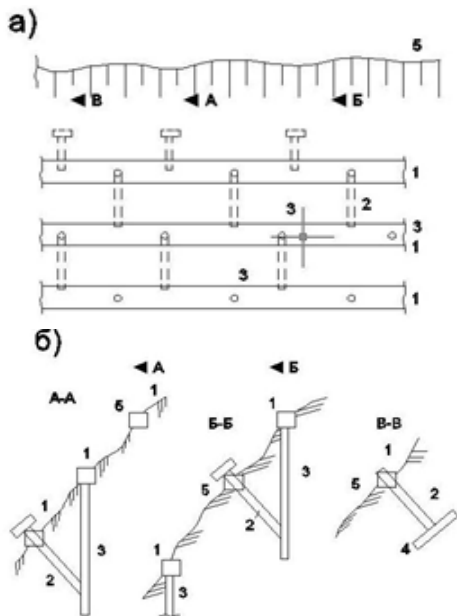


Рис. 10. Пальово-анкерна споруда: а – трирядове розташування паль; б – розрізи по А-А; Б-Б; В-В; 1 – ростверк – пояс; 2 – нахилений залізобетонний анкер; 3 – буронабивні палі; 4 – анкерна плита, 5 – поверхня схилу

5.8. Мобільна підпiрна стiнка (рис. 11).. Підпiрна стiнка складається з фігурних бетонних

блоків у формі «їжака», криволінійні верхні і нижні поверхні яких забезпечені відповідно 4 і 2 поздовжніми ребрами, а торцеві сторони забезпечені трикутними вертикальними виїмками, які є при монтажі сполучною шпонкою. Крім того в середині блоку передбачено вертикальний отвір для розміщення арматурних штирів.

Замість поздовжніх ребер можуть бути шахово-розташовані зуби (клиноподібні невеликі виступи). По висоті вертикальні, а в плані криволінійні розташування блоків створює захисну дугоподібну підпiрну стiнку. Вільне зміщення верхніх і нижніх блоків відносно один одного створює мобільну конструкцію стiнки, яка може приймати будь-яку форму поверхні схилу або укусу. Блоки монтується за схемою цегляної кладки. Блоки монтується за схемою цегляної кладки. Уздовж стiнки шва кладки перев'язуються в кожному ряду. Таким чином, в утворений наскрiзний вертикальний отвір ставляться арматура і кінці у зоні трикутних виїмок блоків замоноличуються бетоном.

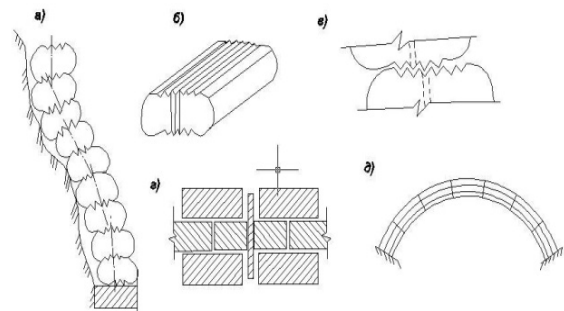


Рис. 11. Мобiльна пiдпiрна стiнка: а – загальний вид стiнки; б – фігурний блок; в, г – фрагменти з'єднання блоків; д – аркова форма

## Висновки

Запропоновані варіанти типу і конструкції підпiрних стiн можуть бути використані для підсилення ґрунтових масивів в залежності від реальних умов будівництва і експлуатації штучних споруд різного призначення.

Вище приведена класифікація далеко не вичерпує всього існуючого різноманіття конструкцій. Вона може бути уточнена з вдосконаленням старих і появою нових конструкцій.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Клейн, Г. К. Расчет подпорных стен [Текст] / Г. К. Клейн. – Ярославль: Высш. шк., 1964. – 196 с.
2. Полевиченко, А. Г. Расчет свайной подпорной стены для укрепления неустойчивых откосов и

- склонов [Текст] / А. Г. Полевиченко – Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2006. – 25 с.
3. Каганов, Г. М. Гидротехнические сооружения армированного грунта [Текст]: учебн. пособие / Г. М. Каганов, И. М. Евдокимова, К. И. Шевченко – М.: Изд-во «Полиграфический комплекс НИИ-Природа», 2004. – 607 с.
4. Тетиор, А. Н. Экологичные подпорные и шумозащитные стены [Текст] / А. Н. Тетиор. – М.: МГУП, 2006. – 174 с.

Надійшла до редколегії 02.07.2012.

Прийнята до друку 24.07.2012.

В. Т. ГУЗЧЕНКО, М. А. ЛИСНЕВСКИЙ (ДИИТ)

## **КЛАССИФИКАЦИЯ ПОДПОРНЫХ СТЕН**

В статье приведена классификация различных конструкций подпорных стен. Особое внимание уделено материалосберегающим конструкциям. В частности, рассмотрены конструкции подпорных стен с применением мембранных материалов и армированного грунта. Отмечены подпорные стены с применением железобетонных оболочек различной формы, стены на свайном фундаменте, стены из габионов и анкерно-контрфорсные стены.

*Ключевые слова:* подпорная стена, грунтовый массив, мембранные материалы, свайный фундамент

V. T. GUZCHENKO, M. A. LISNEVSKYY (Dniepropetrovsk National University of Railway Transport)

## **CLASSIFICATION OF RETAINING WALLS**

Classification of various retaining walls structures is given in the article. It gives special attention to material saving structures. Particularly this article talks us about structures of retaining walls with membrane materials and reinforced earth. Retaining walls with application of reinforced concrete shell structures of the various shapes, wall on pile foundation, gabion walls and anchor counterfort retaining walls are noted.

*Keywords:* retaining wall, soil massif, membrane materials, pile foundation