



ГАЛУЗЕВІ БУДІВЕЛЬНІ НОРМИ УКРАЇНИ

Споруди транспорту

АРМОГРУНТОВІ ПІДПІРНІ СТІНКИ ДЛЯ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ

Проектування та будівництво

ГБН В.2.3-218-548:2010

Видання офіційне

Київ
державна служба автомобільних доріг України
(Укравтодор)
2010

ПЕРЕДМОВА

1 РОЗРОБЛЕНО	Національний транспортний університет
РОЗРОБНИКИ	В.Савенко, д-р. техн.наук (керівник розробки); В.Петрович, канд..техн.наук; О.Усиченко, канд.техн.наук.
2ВНЕСЕНО	Управління науково-технічної політики «Укравтодор»
3 ПОГОДЖЕНО	Міністерство регіонального розвитку та будівництва України лист погодження 19-12/3008/0/6-10 від 08.12.2010
4 ЗАТВЕРДЖЕНО ТА НАДАНО ЧИННОСТІ	Державна служба автомобільних доріг України (Укравтодор) Наказ № 488 від 23.12.2010
5 УВЕДЕНО ВПЕРШЕ	

Право власності на цей документ належить Державній службі автомобільних доріг України (Укравтодор)

Відтворювати, тиражувати і розповсюджувати його повністю чи частково як офіційне видання без дозволу Укравтодору заборонено.

ЗМІСТ

1 СФЕРА ЗАСТОСУВАННЯ.....	1
2 НОРМАТИВНІ ПОСИЛАННЯ.....	1
3 ТЕРМІНИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ПОНЯТЬ.....	2
4 ПОЗНАЧЕННЯ ТА СКОРОЧЕННЯ.....	3
5 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ.....	4
6 ПРОЕКТУВАННЯ.....	6
6.1 Конструювання.....	6
6.2 Розрахунок.....	13
7 БУДІВНИЦТВО.....	26
7.1 Геодезична розбивочна основа	26
7.2 Умови виконання робіт.....	26
7.3 Підготовка основи.....	26
7.4 Транспортування та зберігання матеріалів.....	26
7.5 Монтаж фасадних елементів.....	27
7.6 Встановлення та з'єднання елементів армування.....	28
7.7 Розміщення та ущільнення матеріалу заповнювача.....	30
ДОДАТОК А Бібліографія.....	32

ГАЛУЗЕВІ БУДІВЕЛЬНІ НОРМИ УКРАЇНИ

Споруди транспорту
Армогрунтові підпірні стінки для автомобільних доріг. Проектування та будівництво

Сооружения транспорта
Армогрунтовые подпорные стенки для автомобильных дорог.
Проектирование и строительство

Transport constructions
Reinforced soils retaining walls for highways. Designing and construction

Чинні від 2011-04-01

1 СФЕРА ЗАСТОСУВАННЯ

Ці Норми встановлюють вимоги на проектування, будівництво, реконструкцію та капітальний ремонт внутрішньостабілізованих армогрунтових підпірних стінок із застосуванням геосинтетичних армуючих матеріалів на автомобільних дорогах загального користування (далі – автомобільних доріг).

Вимоги цих Норм розповсюджуються на проектування та будівництво армогрунтових підпірних стінок з крутизною укосу $70^{\circ} - 90^{\circ}$.

2 НОРМАТИВНІ ПОСИЛАННЯ

У цих нормах є посилання на такі нормативні документи:

ДБН В. 1.1-3-97	Захист від небезпечних геологічних процесів. Інженерний захист територій, будинків і споруд від зсувів і обвалів. Основні положення
ДБН В.1.1-12:2006	Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежу. Будівництво в сейсмічних районах України
ДБН В.1.2-15:2009	Споруди транспорту. Мости і труби. Навантаження і впливи
ДБН В.2.1-10-2009	Основи та фундаменти споруд. Основні положення проектування
ДБН В.2.3-4-2007	Споруди транспорту. Автомобільні дороги.
ДБН В.2.6-98:2009	Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення
ВБН В.2.3-218-171-2003	Споруди транспорту. Спорудження земляного полотна автомобільних доріг

ВБН В.2.3-218-544:2008	Споруди транспорту. Матеріали геосинтетичні в дорожньому будівництві
ДСТУ ISO 10318-2002 ДСТУ Б В.2.1- 5-96 (ГОСТ 20522-96)	Геотекстиль. Словник термінів Основи та підвалини будинків і споруд. Ґрунти. Методи статистичної обробки результатів випробувань.
СНиП 2.06.14–85	Защита горных выработок от подземных и поверхностных вод (Захист гірських виробок від підземних та поверхневих вод)
СНиП 2.09.03–85	Сооружения промышленных предприятий (Споруди промислових підприємств)
СНиП 3.02.01–87	Земляные сооружения, основания и фундаменты (Земляні споруди, основи та фундаменти)
СНиП 3.03.01–87	Несущие и ограждающие конструкции (Несні та огороджуючі конструкції)
ГОСТ 14098–91	Соединения сварные арматуры и закладных изделий железобетонных конструкций. Типы, конструкции и размеры (З'єднання зварні арматури і закладних виробів залізобетонних конструкцій. Типи, конструкції і розміри)
СОУ 45.2-00018112-025:2007	Будівельні матеріали. Матеріали геосинтетичні. Методи випробувань.
СОУ 45.2-00018112-028:2008	Експлуатація конструкцій та інженерного обладнання будинків і споруд, систем життєзабезпечення. Забезпечення якості при будівництві, ремонті та експлуатаційному утриманні автомобільних доріг та мостових споруд

3 ТЕРМІНИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ПОНЯТЬ

У цих нормах використано терміни, установлені в ВБН В.2.3-218-544: армування, армуючий синтетичний матеріал, геограти, геосинтетик, геотекстиль, МН-орієнтація.

Нижче подано терміни, додатково використані у цьому стандарті, та визначення позначених ними понять.

3.1 армований ґрунт

Композитний матеріал (з підвищеною міцністю на розтяг), що утворений геосинтетичним матеріалом та ґрунтом при їх сумісній дії

3.2 армоґрунтова підпірна стінка

Утримуюча внутрішньостабілізована споруда із армованого ґрунту, з крутизною укосу від 70° до 90°. Роль внутрішнього стабілізуючого елемента

виконує геосинтетичний матеріал, який вводиться в ґрунтову конструкцію у вигляді горизонтальних прошарків

3.3 внутрішньостабілізована ґрунтова споруда

Ґрунтова споруда, в якій активний тиск ґрунту сприймається внутрішніми армуючими елементами; зовнішній фасадний елемент виконує лише декоративну функцію або утримує локальні зсуви ґрунту

3.4 габіони [1]

Об'ємні сітчасті контейнери, наповнені камінням із щільних гірських порід

3.5 двовісні геограти

Геограти, які мають високу міцність на розрив як у поздовжньому, так і в поперечному напрямках

3.6 елемент армування

Прошарок геосинтетичного матеріалу, який виконує в ґрунті функцію армування

3.7 інтервал армування

Відстань по вертикалі між полотнами геосинтетичного матеріалу

3.8 кольматація, кольматаж (рос. кольматация (кольматаж), англ. colmatage)

Процес природного проникнення або штучного внесення дрібних (головним чином колоїдних, глинистих і пилюватих) частинок і мікроорганізмів в пори і тріщини гірських порід, у фільтри очисних споруд і дренажних виробок, а також осадження на них хім. речовин, що сприяє зменшенню їх водо- або газопроникності

3.9 одновісні геограти

Геограти, які мають підвищену міцність на розрив тільки в поздовжньому напрямі

4 ПОЗНАКИ ТА СКОРОЧЕННЯ

g – питома вага ґрунту, кН/м³;

j – кут внутрішнього тертя ґрунту, град;

c – питома зчеплення ґрунту, кПа;

g_n , j_n та c_n – нормативні характеристики ґрунту (кН/м³, град та кПа, відповідно);

g_d , j_d та c_d – розрахункові характеристики ґрунту (кН/м³, град та кПа, відповідно);

a – довірча вірогідність розрахункових характеристик ґрунтів;

R_p – номінальна міцність геосинтетичного матеріалу на розрив, кН/м;

R_{cr} – номінальна міцність геосинтетичного матеріалу при повзучості при розтягу (довготривала міцність), кН/м;

T_d – розрахункова міцність геосинтетичного матеріалу, кН/м;

L_j – довжина j -того елемента армування, м;

S_v – вертикальний інтервал армування, м;

h_j – глибина закладення j -того прошарку геосинтетичного матеріалу відносно поверхні ґрунтової засипки, м;

g_n – частковий коефіцієнт запасу на наслідки від втрати внутрішньої стійкості конструкції;

g_m – частковий коефіцієнт запасу на матеріали;

g_f – частковий коефіцієнт запасу на навантаження;

g_{cd} – частковий коефіцієнт врахування пошкодження геосинтетичного матеріалу при вкладанні в конструкцію;

m_{pd} – розрахунковий коефіцієнт взаємодії, який відноситься до опору витягуванню;

m_{dsd} – розрахунковий коефіцієнт взаємодії, який відноситься до опору проковзуванню по контакту ґрунт-геосинтетичний матеріал або ґрунт-ґрунт;

q_n – нормативне значення зовнішнього рівномірно розподіленого навантаження на поверхні засипки, кН/м²;

q_d – розрахункова інтенсивність зовнішнього рівномірно розподіленого навантаження на поверхні засипки, кН/м²;

$q_{кр}$ – кут нахилу потенційної поверхні ковзання, град;

t_n – нормативний коефіцієнт бокового тиску ґрунту;

$J_{2\%}$ – січний модуль пружності геосинтетика при 2 % відносній деформації, кН/м.

5 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

5.1 Армоґрунтові підпірні стінки можна влаштовувати:

- при необхідності зменшення смуги відведення при будівництві,
- при реконструкції та капітальному ремонті з розширенням земляного полотна автомобільних доріг,
- при ремонті зсувів укосів та ухилів рельєфу смуги відведення,
- при спорудженні насипів з перезволожених дрібнозернистих ґрунтів.

5.2 Розрахунок стійкості укосів, армованих геосинтетичними матеріалами, з крутизною укосу до 70° виконують згідно з ВБН В.2.3-218-544.

5.3 Функції геосинтетичних матеріалів у внутрішньо стабілізованих підпірних конструкціях відповідно до ВБН В.2.3-218-544:

Армування – геосинтетичний матеріал працює як армуючий елемент в межах ґрунтової товщі чи в комбінації з зернистим або монолітним

матеріалом.

Розділяння – геосинтетичне полотно розділяє два різнозернистих шари, завдяки чому забезпечується проектна товщина конструктивних шарів й цілісність конструкції.

Фільтрування – геосинтетичний матеріал працює подібно до фільтру, пропускаючи воду і затримуючи захоплені фільтраційним потоком ґрунтові частинки від виносу.

Дренування – геосинтетичний матеріал працює як дрена для переміщення водного потоку в ґрунтах малої водопроникності.

Захищання – геосинтетичний матеріал використовується як амортизуючий шар між конструктивними шарами для запобігання їх пошкодженню.

Протиерозійний захист – геосинтетичний матеріал використовують для зниження ерозії ґрунту від атмосферних опадів, водної і вітрової ерозії.

5.4 Вихідні дані для проектування армоґрунтових підпірних стінок включають:

- а) функціональні вимоги, проектний термін служби споруди і необхідний коефіцієнт запасу;
- б) ґрунтово-геологічні і дорожньо-кліматичні умови району будівництва;
- г) фізико-механічні характеристики матеріалів і ґрунтів, які будуть використані в споруді;
- е) технологію виконання робіт і нормативні допуски при виконанні робіт;
- в) умови навантаження конструкції під час будівництва і експлуатації;
- д) ймовірність пошкодження геосинтетичних матеріалів під час будівництва;
- є) режим експлуатації конструкції і експлуатаційні обмеження;
- ж) техногенно-геологічні чинники, що можуть мати місце з часом.

5.5 Проектування армоґрунтових підпірних стін включає конструювання (призначення геометричних розмірів – інтервалу армування, довжини армуючих геосинтетичних полотен, підбору матеріалів) та розрахунки їх за двома групами граничних станів. Геометричні розміри, що призначені на етапі конструювання, уточнюють подальшими розрахунками.

5.5.1 Розрахунок за першою групою граничних станів (за втратою несучої здатності, включає повну втрату стійкості або значні пошкодження) передбачає виконання розрахунків на:

- загальну стійкість (зовнішня стійкість)
 - а) стійкості положення стіни проти зсуву по основі;
 - б) стійкості положення стіни проти перекидання;
 - в) міцності ґрунтової основи;
- внутрішню стійкість
 - а) розрив елементів армування;

- б) витягування елементів армування із ґрунтового масиву;
- в) руйнування з'єднань;
- г) руйнування фасадних елементів.

Коефіцієнти запасу (загальні і часткові) приймають згідно п.п. 1.7-1.10 ВБН В.2.3-218-544.

Частковий коефіцієнт запасу на матеріал g_m та частковий коефіцієнт на повзучість g_{cr} приймають згідно з 1.7-1.8 ВБН В.2.3-218-544. Ці коефіцієнти можуть бути знижені якщо Постачальник виконав спеціальні випробування і гарантує кращу роботу матеріалу в порівнянні з середньостатистичними значеннями, прийнятими для сукупності даних.

5.5.2 Розрахунок за другою групою граничних станів (непридатність до нормальної експлуатації) включає перевірку на допустимі деформації при експлуатації споруди. Розрахунок за другою групою граничних станів виконують на дію нормативних навантажень, тобто коефіцієнти запасу на навантаження та на матеріали приймаються рівними одиниці.

5.6 При проектуванні об'єктів в сейсмонебезпечних районах слід виконувати додаткові розрахунки відповідно до ДБН В.1.1-12. При влаштуванні армоґрунтових споруд в таких районах для підвищення стійкості рекомендується проектувати додаткову щеленову основу, товщиною 1 м під всім армоґрунтовим блоком.

6 ПРОЕКТУВАННЯ

6.1 Конструювання

6.1.1 Вибір матеріалів

6.1.1.1 Ґрунти.

Зворотну засипку підпірних стін слід виконувати дренажними незв'язними ґрунтами. Допускається використовувати місцеві зв'язні ґрунти – супіски та суглинки. Не допускається використовувати для засипок підпірних стін висотою більше ніж 1,5 м важкі та пластичні глини. Не допускається використовувати для засипок підпірних стін ґрунти, що містять органічні та розчинні включення більше ніж 5 % за масою.

Значення характеристик ґрунтів:

- нормативні (g_n , j_n та c_n) приймають за даними геологічних вишукувань (ДСТУ Б В.2.1-5), або згідно з ДБН В.2.1-10;

- розрахункові значення (g_d , j_d та c_d) визначають згідно з ВБН В.2.3-218-544 (формули 1.7, 1.9). Довірча вірогідність a розрахункових характеристик ґрунтів приймається при розрахунках по несучій здатності $a=0,95$, по деформаціям $a=0,85$.

У розрахунках п.6.2 цих Норм для незв'язних ґрунтів розрахункове значення зчеплення ґрунту c_d слід приймати рівним нулю.

6.1.1.2 Армуючі елементи.

Раціональними геосинтетичними матеріалами відповідно до ВБН В.2.3-218-544 є геотекстилі тканинні та геограсти (одно- та двовісні) з міцністю на розтяг більше ніж 20 кН/м з поліестерових, поліпропіленових чи арамідних волокон. Критерії вибору геосинтетичних матеріалів визначені ВБН В.2.3-218-544. Матеріали повинні бути стійкими до мікробіологічних впливів (зразки випробують методами, аналогічно до [24]).

Розрахункова міцність геосинтетичного матеріалу T_d визначається згідно п.1.8 ВБН В.2.3-218-544. Номінальна міцність на розрив R_p визначається відповідно до 6.3.1 СОУ 45.2-00018112-025, міцність при повзучості при розтягу R_{cr} (довготривала міцність) визначається відповідно до 6.3.4 СОУ 45.2-00018112-025.

При проектуванні фасаду методом «грунт в обоймі» (6.1.1.3.1 цих Норм) без улаштування захисних елементів геосинтетичний матеріал повинен бути стійким до дії ультрафіолету та атмосферних впливів (зразки випробуються методами, аналогічно до [22]).

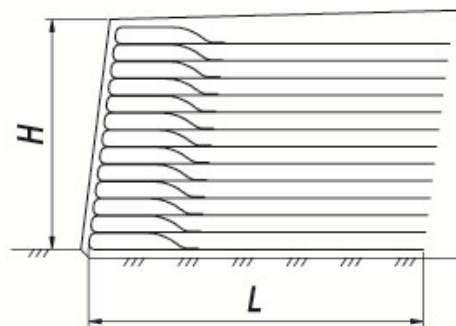
При застосуванні в агресивному середовищі з $\text{pH} < 4$ або $\text{pH} > 9$ геосинтетичні матеріали необхідно випробувати згідно нормативів на технічні тканини.

Нормативні характеристики матеріалів повинні зазначатися фірмою-виробником у паспорті, технічних умовах а також в сертифікаті на матеріал за результатами відповідних випробувань. Для вибраного матеріалу постачальник повинен надати паспорт з протоколами випробувань контрольних зразків.

6.1.1.3 Фасадні елементи.

6.1.1.3.1 Системи «грунт в обоймі».

Додаткові фасадні елементи не застосовують. Грунт утримується від випинання загортанням в обойми із геосинтетичних матеріалів. Геосинтетичні обойми формуються згинанням подовжених армуючих елементів на 180° для формування фасаду та анкеруванням їх у заповнювачі або з'єднанням з армуючим елементом на наступному рівні.



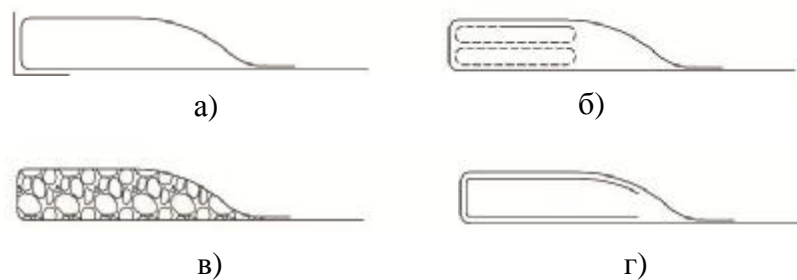
H – висота підпірної стінки, L – довжина елементів армування в основі стіни

Рисунок 6.1 – Формування фасаду методом «грунт в обоймі»

Для попередження осипання ґрунту в торцях обойм можна використовувати мішки, наповнені ґрунтом, сталеві арматурні сітки, постійна або тимчасова опалубка. При використанні крупновічкових георатів для попередження висипання ґрунту із обойм використовують геотекстильні вставки, заповнення крупнозернистим матеріалом (рис. 6.2).

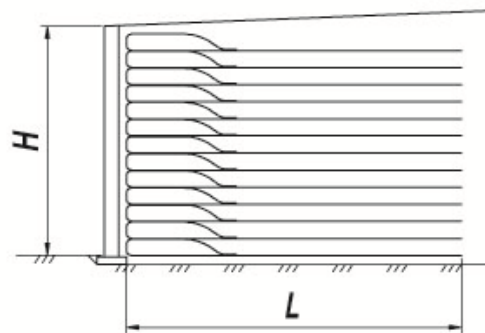
6.1.1.3.2 Системи «ґрунт в обоймі» з декоративними фасадними екранами.

Декоративні фасадні екрани влаштовуються для попередження механічного пошкодження геосинтетичних матеріалів. Екрани не виконують функцію несучих елементів, а виконують лише захисну та декоративну функцію. Можуть бути бетонними, металевими та пластмасовими (рис. 6.3).



а) опалубка, б) мішки з ґрунтом, в) заповнення крупнозернистим матеріалом, г) геотекстильні вставки

Рисунок 6.2 – Варіанти формування торця обойми



H – висота підпірної стінки, L – довжина елементів армування в основі стіни

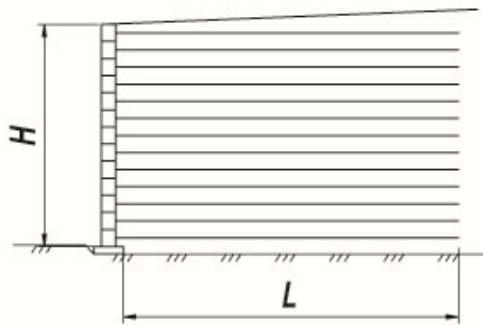
Рисунок 6.3 – Фасадні екрани системи «ґрунт в обоймі»

6.1.1.3.3 Системи з модульними блоками облицювання поєднують збірні блочні системи з армованим ґрунтом (рис. 6.4). Модульні блоки облицювання можуть бути бетонними (при висоті, що дорівнює інтервалу

армування), залізобетонними (при більших розмірах), у вигляді габіонів (рис. 6.5), або із бутового каменю.

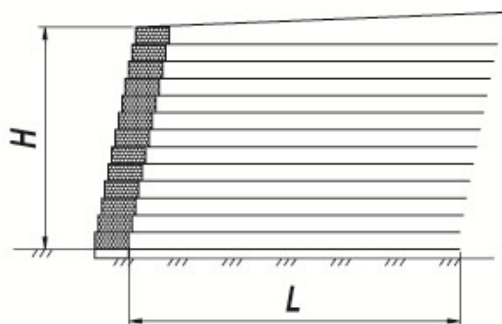
При застосуванні габіонів у зоні контакту їх із зворотною засипкою, а також по їх основі слід укласти зворотний фільтр з нетканого голкопробивного або термоскріпленого геотекстилю, який повинен відповідати таким вимогам:

- бути стійким до погодно-кліматичних і ґрунтових впливів;
- не кольматувати;
- забезпечувати задану довговічність;
- зберігати високу водопроникність при значних зовнішніх навантаженнях;
- поверхнева щільність не менша ніж 200 г/м^2 для голкопробивних і 100 г/м^2 для термоскріплених матеріалів;
- коефіцієнт фільтрації не менше ніж в 10 разів повинен перевищувати коефіцієнт фільтрації ґрунту засипки;
- розривне навантаження не менше ніж 5 кН/м .



H – висота підпірної стінки, L – довжина елементів армування в основі стіни

Рисунок 6.4 – Модульні блоки облицювання



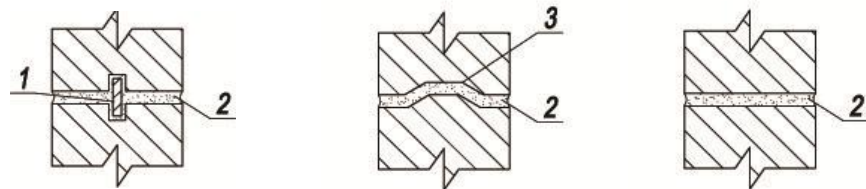
H – висота підпірної стінки, L – довжина елементів армування в основі стіни

Рисунок 6.5 – Облицювання габіонами

У якості модульних боків облицювання можуть використовуватися елементи будь-якої форми для утворення суцільної поверхні із однотипних елементів.

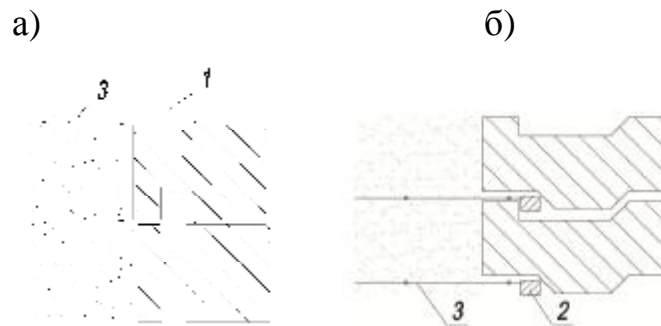
З'єднання ярусів блоків між собою забезпечується застосуванням штифтів, бетонних шпонок або цементного розчину (рис. 6.6).

З'єднання блоків з геосинтетичним армуючим матеріалом досягається влаштуванням геосинтетичних арматурних випусків в кожному блоці або закріпленням армуючого прошарку в горизонтальних швах з'єднання блоків фіксацією штифтами або застосуванням спеціальних коннекторів (з'єднувачів) (рис. 6.7).



1 – штифт; 2 – заповнення цементним розчином; 3 – бетонна шпонка

Рисунок 6.6 – Види з'єднань модульних блоків облицювання



а) з'єднання штифтами; б) з'єднання коннектором
1 – штифт; 2 – коннектор; 3 – геосинтетичний матеріал

Рисунок 6.7 – З'єднання модульних блоків облицювання з геосинтетичним армуючим матеріалом

6.1.1.3.4 Фасади з бетонних панелей

Суцільні фасадні системи на повну висоту підпірної стінки економічно вигідні при конструкціях висотою до 5 м (рис.6.8). Використовуються армовані або неармовані панелі, товщиною 100–250 мм. Для високих стін можуть використовуватись однотипні плити різної товщини по висоті. Товщина плит підбирається так, щоб при розташуванні анкерних випусків не виникала потреба у армуванні плит.

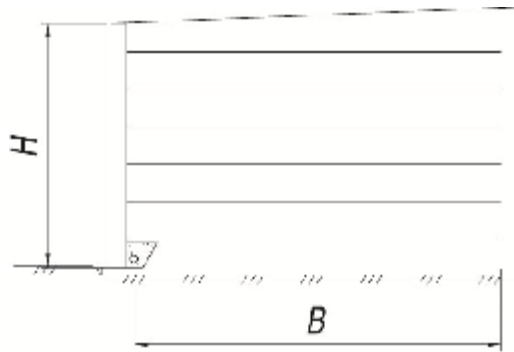
Для армованих панелей схеми армування вибираються залежно від способу навантаження.

Бетонні панелі повинні мати закладні деталі для анкерування, монтажні петлі або отвори, пази на торцьовочних поверхнях для стикування.

На бокових поверхнях фасадних плит слід проектувати випуски арматури, які з'єднують між собою після монтажу. Стики повинні забезпечувати можливість сприйняття незначних поперечних зусиль.

Для закріплення полотен геосинтетичного матеріалу передбачається влаштування закладних деталей.

6.1.1.3.5 При проектуванні у якості фасадних елементів модульних блоків або бетонних панелей на повну висоту обов'язковим є влаштування застінного дренажу.



H – висота підпірної стінки, L – довжина елементів армування в основі стіни

Рисунок 6.8 – Фасади з бетонних панелей

6.1.1.4 З'єднання.

Кріплення для з'єднання армуючих матеріалів і фасадних елементів або між фасадними елементами можуть бути у вигляді штифтів, стержнів, шурупів, болтів, гайок, закладних деталей або за рахунок сил тертя між блоками. Матеріали, які використовуються для формування кріплень, повинні бути сумісними з армуючими матеріалами і відповідати терміну служби споруди. Можуть виготовлятися з гальванізованої або обробленої сталі, нержавіючої сталі або полімерів.

Вимоги до з'єднань – міцність з'єднань геосинтетичних матеріалів в зоні армування повинна бути:

- для зони армування ґрунтів – не менша, ніж розрахункове зусилля розтягу в геосинтетичному матеріалі T_j (визначається за формулами (6.8) або (6.9));

- для зони з'єднань з фасадними елементами – згідно з вимогами 6.2.8.2 цих Норм.

Нормативна міцність з'єднань визначається випробуваннями матеріалу. Розрахункова міцність з'єднань визначається за формулою (1.5) ВБН В.2.3-218-544.

6.1.1.5 Основи.

6.1.1.5.1 При влаштуванні армогрунтових підпірних стінок способом «грунт в обоймі» без фасадних елементів основи під такі споруди проектується без урахування наявності армуючих прошарків згідно з ДБН В.2.3-4 та ВБН В.2.3-218-171.

6.1.1.5.2 При застосуванні будь-яких фасадних елементів (6.1.1.3.2-6.1.1.3.4 цих Норм) необхідно влаштовувати фундаменти, що проектуєть відповідно до вимог ДБН В.2.1-10.

6.1.6 Конструкція із армованого ґрунту в боковій частині повинна бути захищена від можливих пошкоджень ударними діями транспортних засобів та від актів вандалізму.

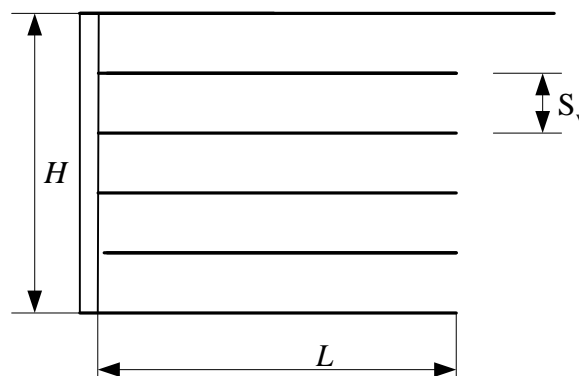
6.1.2 Призначення початкових розмірів

6.1.2.1 При конструюванні може прийматися однорідний розподіл армуючих елементів по висоті споруди або розподіл армуючих матеріалів залежно від зон розміщення (менші інтервали армування призначаються біля основи споруди).

Розміщення елементів армування приймають із умови забезпечення стійкості споруди та відповідності до форми та деталей фасадних елементів. Загальноприйняті для вертикальних підпірних стінок інтервали армування S_v змінюються в межах від 0,25 м до 1,0 м.

6.1.2.2 Армуючі полотна розміщують на повну ширину конструкції вздовж фасаду.

6.1.2.3 Довжина елементів армування в основі стіни L (рис. 6.9) визначає ширину стіни, пов'язану з визначенням зовнішньої стійкості армованого елемента.



H – висота підпірної стінки, L – довжина елементів армування в основі стіни, S_v – інтервал армування

Рисунок 6.9 – Схема закладення геосинтетичних полотен

Початкові розміри армогрунтової підпірної стінки визначаються

мінімальним відношенням ширини армованого блоку до повної висоти стінки $L/H \geq 0,7$ і мінімальною шириною армованого блоку $L = 2,5 \text{ м}$.

6.1.2.4 Основа підпірної стінки повинна бути заглиблена під поверхню ґрунту. Величина заглиблення визначається конструктивними особливостями споруди, навантаженнями та впливами на основу, інженерно-геологічними умовами ділянки будівництва, ризиком суфозії, ризиком оголення основи стіни із-за подальшої розробки ґрунту, ризику розмиву або ерозії біля основи споруди, глибиною сезонного промерзання ґрунту. Мінімальна величина заглиблення основи підпірної стінки визначається згідно з 7.5 ДБН В.2.1-10.

6.1.2.5 При подальших розрахунках загальної стійкості армоґрунтової підпірної стінки виконується коригування призначених попередньо розмірів.

6.1.3 Проектування водовідведення

6.1.3.1 Для попередження зволоження ґрунту засипки необхідно влаштовувати заходи поверхневого водовідведення та дренажі різного типу аналогічно до традиційних підпірних стін. Розрахунок та улаштування поверхневого водовідведення та дренажів виконують відповідно до вимог ДБН В.2.3-4, ДБН В.1.1-3, ВБН В.2.3-218-544, СНиП 2.06.14, СНиП 3.02.01 та згідно з рекомендаціями [3, 16].

6.1.3.2 У випадку якщо ґрунт заповнювача після ущільнення є повністю водопроникним та розміщується на водопроникній основі, атмосферні опади не спричиняють утворення додаткового активного тиску ґрунту і не зменшують коефіцієнт тертя на межі ґрунт-геосинтетичний матеріал – немає потреби в улаштуванні додаткових дренажів. При відсутності дренажів для попередження накопичення води над прошарком армуючі геосинтетичні матеріали повинні мати водопроникність (коефіцієнт фільтрації) більшу, ніж ґрунт засипки в частині армування. Коефіцієнт фільтрації геосинтетичного матеріалу визначається згідно з 6.4.3 «Визначення дренажної здатності матеріалу» СОУ 45.2-00018112-025.

6.1.3.3 Якщо основа є водонепроникною або маловодопроникною, то на рівні основи передбачають влаштування горизонтального дренажного шару.

6.1.3.4 При необхідності захистити армовану частину від попадання агресивних речовин або при наявності ґрунтових вод є необхідність у влаштуванні перехоплюючого дренажу за армованим блоком.

6.1.3.5 Для захисту фасадних елементів від агресивної дії ґрунтових вод проектують пристінний дренаж традиційної конструкції або із застосуванням геосинтетичних матеріалів.

6.2 Розрахунок

6.2.1 Розрахункові навантаження

Розрахункові навантаження постійні (від власної ваги ґрунту та постійного рівномірно розподіленого навантаження на поверхні ґрунтової засипки) та тимчасові (від транспортних засобів) слід приймати у відповідності до ДБН В.1.2-15 та 4.3.2 ДБН В.2.3-4.

6.2.1.1 Визначення бокового тиску ґрунту. Нормативний коефіцієнт бічного тиску ґрунту, визначається згідно з ДБН В.1.2-15:

$$t_n = \operatorname{tg}^2\left(45^\circ - \frac{j_n}{2}\right), \quad (6.1)$$

де j_n – нормативний кут внутрішнього тертя ґрунту заповнювача.

6.2.1.2 Розрахункове вертикальне напруження в ґрунті від власної ваги ґрунту та рівномірно розподіленого постійного навантаження на поверхні засипки p_{vj} :

$$p_{vj} = g_d \cdot h_j + q_d, \quad (6.2)$$

де g_d – розрахункова питома вага ґрунту засипки ;

h_j – глибина закладення j -того шару геосинтетичного матеріалу;

q_d – розрахункова інтенсивність постійного рівномірно розподіленого навантаження на поверхні засипки.

Розрахункову інтенсивність постійного рівномірно розподіленого навантаження q_d визначають згідно з 1.7 ВБН В.2.3-218-544.

6.2.1.3 При наявності на поверхні ґрунту у межах армованого блоку смугового або колісного навантаження інтенсивність вертикального тиску від розрахункового навантаження s_{qj} на глибині розміщення j -того шару визначають згідно додатка 1 СНиП 2.09.03, із урахуванням розподілу тиску в ґрунті під кутом 30° до вертикалі, а в зоні дорожнього покриття під кутом 45° до вертикалі (згідно з 12.3 ДБН В.1.2-15).

При наявності на поверхні ґрунту смугового рівномірно розподіленого навантаження q на ширині b (рис.6.10) інтенсивність вертикального тиску на рівні розміщення j -того шару від нього слід визначати за залежністю:

$$p_{vqj} = \frac{q_d \cdot b}{b_j}, \quad (6.3)$$

де q_d – розрахункове значення інтенсивності смугового навантаження;

b – ширина смуги завантаження;

b_j – ширина смуги завантаження на рівні розміщення j -того шару.

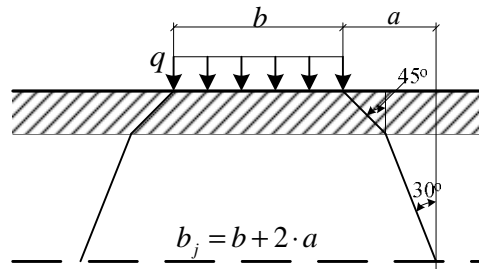


Рисунок 6.10 – Схема розподілу тиску від смугового навантаження

Інтенсивність вертикального тиску на рівні розміщення j -того прошарку від колісного навантаження слід визначати за тією ж методикою:

$$p_{vqj} = \frac{q_d \cdot s}{s_j}, \quad (6.4)$$

де q_d – розрахункове значення інтенсивності колісного навантаження;

s – площа колісного навантаження;

s_j – площа колісного навантаження на рівні розміщення j -того прошарку.

6.2.2 Перевірка зовнішньої стійкості армогрунтових підпірних стінок

Розрахунки зовнішньої стійкості армогрунтових підпірних стінок виконують аналогічно до розрахунків традиційних підпірних стінок приймаючи армогрунтовий блок як масивну підпірну стінку шириною L згідно технічних вказівок ВСН 167 [15] та СНиП 2.09.03.

Розрахунковий кут d тертя ґрунту об бічну поверхню армогрунтового блоку приймають рівним нулю $d = 0$. Зчеплення ґрунту враховують тільки в розрахунках армогрунтового блоку на загальну стійкість проти проковзування разом з ґрунтом за круглоциліндричною поверхнею.

6.2.2.1 За першою групою граничних станів (за несучою здатністю) виконують розрахунки:

- стійкості армогрунтового блоку проти перекидання;
- стійкості армогрунтового блоку проти проковзування по основі;
- загальної стійкості проти проковзування разом з ґрунтом за круглоциліндричною поверхнею ковзання для армогрунтових підпірних стін, які розміщені на крутих косогорах (похил перевищує 15 %); висотою більше ніж 7 м; висотою від 3 до 7 м у випадку розміщення під несучим шаром ґрунту пласта глини або водонасиченого піску;
- за міцністю ґрунтової основи.

6.2.2.2 Вимоги по визначенню активного та пасивного тиску ґрунту з урахуванням тимчасових навантажень, розміщених на призмі обвалення, в тому числі від автомобільного транспорту наведені в розділі 5 ВСН 167 [15]. Рухомі навантаження транспортних засобів розміщують безпосередньо за задньою гранню армогрунтового блоку.

6.2.2.3 При розрахунках за круглоциліндричними поверхнями ковзання додатково приймають довільну круглоциліндричну поверхню ковзання радіусу R з центром в точці O так, щоб вона перетинала армуючий блок (рис. 6.11).

Розрахунки коефіцієнта стійкості виконують відповідно до 3.3.2 ВБН В.2.3-218-544. Армуючий ефект від геосинтетичного матеріалу враховують зменшенням величини обертаючого моменту зсувних сил відносно центра кривої обертання:

$$M_{zc} = \sum_{i=1}^{i=n} G_i \cdot r_i - \sum_{j=1}^{j=k} T_{Rj} \cdot a_{Tj}, \quad (6.5)$$

де G_i – вертикальна сила, що діє на масив, що сповзає - дорівнює сумі маси i -тої частини масиву, що сповзає, та рівнодійної розміщеного на ній розрахункового навантаження;

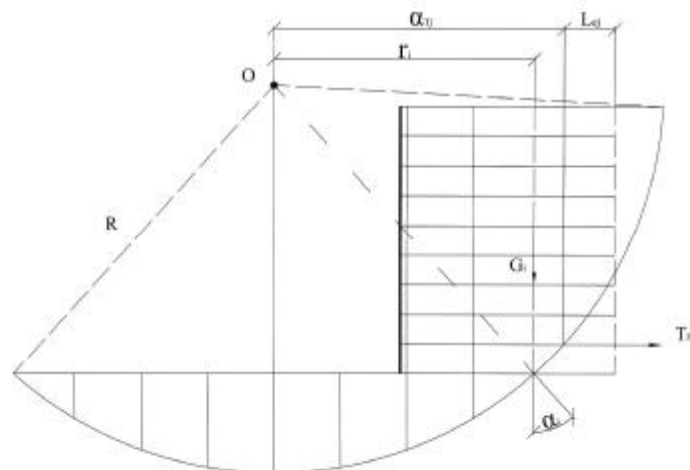
r_i – плече сили G_i відносно точки O ;

n – кількість ділянок, на які розбитий масив, що сповзає, вертикальними площинами ($n \geq 6$).

k – кількість шарів армуючих матеріалів, які перетинаються розрахунковою поверхнею ковзання;

T_{Rj} – зусилля розтягу в армуючому полотні, які забезпечують стійкість насипу;

a_{Tj} – плече сили T_{Rj} відносно точки O .



O – центр обертання, R – радіус поверхні ковзання, L_{ej} – довжина закладення j - того прошарку геосинтетичного матеріалу в стійкій зоні, за межами поверхні ковзання

Рисунок 6.11 – Схема до розрахунку за круглоциліндричними поверхнями ковзання

Значення T_{Rj} приймається меншим із значень двох величин, які визначаються із умови:

$$T_{Rj} = T_d, \quad (6.6)$$

де T_d – розрахункова міцність геосинтетичного матеріалу;
та

$$T_{Rj} = m_{dsd} \cdot (g_n \cdot h_j + q_n) + c_d \cdot L_{ej}, \quad (6.7)$$

де m_{dsd} – розрахунковий коефіцієнт взаємодії, який відноситься до опору проковзуванню по контакту ґрунт-геосинтетичний матеріал або ґрунт-ґрунт (визначається згідно з 1.10 ВБН В.2.3-218-544);

g_n – нормативне значення питомої ваги ґрунту засипки;

h_j – глибина закладення j -того прошарку;

q_n – нормативне значення постійного рівномірно розподіленого навантаження на поверхні засипки;

c_d – розрахункове значення зчеплення ґрунту засипки;

L_{ej} – довжина геосинтетичного матеріалу в стійкій зоні, за межами поверхні ковзання, в j -тому шарі геосинтетичного матеріалу.

Перебором всіх можливих поверхонь ковзання встановлюють поверхню з найменшим значенням коефіцієнта стійкості. Отримане значення коефіцієнта стійкості порівнюють з потрібними значеннями коефіцієнта стійкості (таблиця 1.3 ВБН В.2.3-218-544).

6.2.2.4 Повні осідання армоґрунтової підпірної стінки є результатом поєднання деформацій осідання ґрунту основи під впливом навантаження від армованої ґрунтової споруди та внутрішніх осідань армованого ґрунту засипки. Армоґрунтові підпірні стінки, які побудовані на основах із незв'язних та малозв'язних ґрунтів не мають значних осідань. Додаткові розрахунки осідань основ армоґрунтових підпірних стінок необхідно виконувати у випадку будівництва на слабких основах та можливої взаємодії з іншими суміжними конструкціями. Загальні та нерівномірні осідання основи армованих ґрунтових споруд визначаються згідно з ДБН В.2.1-10.

Внутрішні осідання армованого ґрунтового заповнювача у межах армованого об'єму будуть залежати, головним чином, від природи заповнювача, його ущільнення та вертикальних тисків у межах заповнювача. Величини внутрішніх осідань визначаються з використанням методу пошарового сумування (ДБН В.2.1-10).

Розрахунки виконують для активної зони основи – глибини, на якій вертикальні нормальні напруження від насипу та розрахункових навантажень не перевищують 20 % від напружень від власної маси ґрунту основи.

6.2.3 Перевірка внутрішньої стійкості

Внутрішня стійкість в межах армованого елемента забезпечується геосинтетичним матеріалом (сприймає напруження розтягу) та силами тертя або тертя і зчеплення (для зв'язних ґрунтів) на межі ґрунт-геосинтетичний матеріал (забезпечення достатньої довжини закладання армуючих прошарків у межах пасивної та активної зон ґрунту засипки).

Втрата внутрішньої стійкості може виникнути у випадках:

- розриву геосинтетичного матеріалу;
- витягування геосинтетичного матеріалу із нерухомої частини масиву (пасивна зона) або рухомої частини масиву (активна зона);
- проковзування верхніх шарів конструкції відносно нижніх.

6.2.3.1 Визначення зусиль розтягу, які повинні сприйматися окремими шарами геосинтетичного матеріалу.

Максимальне зусилля розтягу у граничному стані T_j , яке повинне сприйматися j -тим шаром геосинтетичного матеріалу на глибині h_j нижче вершини конструкції, визначається сумуванням відповідних зусиль:

- для незв'язного заповнювача:

$$T_j = T_{nj} + T_{sj}; \quad (6.8)$$

- для зв'язного заповнювача:

$$T_j = T_{nj} + T_{sj} - T_{cj}, \quad (6.9)$$

де T_{nj} – зусилля від власної ваги заповнювача та рівномірно розподіленого навантаження;

T_{sj} – зусилля від тимчасового вертикального навантаження;

T_{cj} – зменшення зусиль розтягу, пов'язане з наявністю зчеплення.

6.2.3.2 Визначення розрахункового зусилля T_{nj} від власної ваги заповнювача та рівномірно розподіленого навантаження на поверхні армованого блоку:

$$T_{nj} = t_n \cdot p_{vj} \cdot S_{vj}, \quad (6.10)$$

де t_n – нормативний коефіцієнт бокового тиску ґрунту;

p_{vj} – розрахункове вертикальне напруження, що діє на рівні j -того шару

геосинтетичного матеріалу від власної ваги заповнювача та рівномірно розподіленого навантаження на поверхні;

S_{vj} – вертикальний інтервал армування на j -тому рівні.

6.2.3.3 Зусилля від тимчасового вертикального смугового та колісного навантаження на поверхні стіни:

$$T_{sj} = t_n \cdot S_{vj} \cdot p_{vqj}, \quad (6.11)$$

де t_n – нормативний коефіцієнт бокового тиску на рівні j -того шару геосинтетичного матеріалу;

S_{vj} – вертикальний інтервал армування на j -тому рівні;

p_{vqj} – інтенсивність вертикального тиску від розрахункового навантаження на глибині розміщення j -того прошарку.

6.2.3.4 Зменшення зусиль розтягу, що пов'язане з наявністю зчеплення у ґрунті засипки:

$$T_{cj} = 2 \cdot S_{vj} \cdot c_d \cdot \sqrt{t_n}, \quad (6.12)$$

де S_{vj} – вертикальний інтервал армування на j -тому рівні;

c_d – розрахункове значення зчеплення ґрунту засипки;

t_n – нормативний коефіцієнт бокового тиску ґрунту.

6.2.4 Перевірка окремих шарів геосинтетичного матеріалу на розрив та витягування

Після визначення максимальних зусиль розтягу в j -тому елементі геосинтетичного матеріалу необхідно перевірити його міцність проти розриву та проти витягування з ґрунтового масиву при передачі розрахункових навантажень.

6.2.4.1 Межа міцності j -того шару геосинтетичного матеріалу повинна задовольняти умову місцевої стійкості на розрив:

$$T_d \geq T_j, \quad (6.13)$$

де T_j – максимальне значення зусиль розтягу в армуванні, яке визначається згідно 6.2.3.1;

T_d – розрахункова міцність геосинтетичного матеріалу.

6.2.4.2 Максимальне зусилля, що виникає в j -тому прошарку повинне задовольняти умову місцевої стійкості проти витягування з стійкої зони ґрунтового масиву:

$$T_j \leq 2m_{pd} \cdot (g_n \cdot h_j + q_n) \cdot L_{ej} + c_d \cdot L_{ej}, \quad (6.14)$$

де T_j – максимальне значення зусиль розтягу в армуванні, яке визначається згідно 6.2.3.1;

m_{pd} – розрахунковий коефіцієнт взаємодії, який відноситься до опору витягуванню (визначається згідно з 1.10 ВБН В.2.3-218-544);

g_n – нормативне значення питомої ваги ґрунту засипки;

h_j – глибина закладення j -того прошарку;

q_n – нормативне значення постійного рівномірно розподіленого навантаження;

L_{ej} – довжина геосинтетичного матеріалу в стійкій зоні, за межами поверхні ковзання, в j -тому шарі геосинтетичного матеріалу;

c_d – розрахункове значення питомого зчеплення ґрунту засипки.

Довжина геосинтетичного матеріалу в стійкій зоні L_{ej} в j -тому шарі геосинтетичного матеріалу:

$$L_{ej} = L - (H - h_j) \cdot \operatorname{tg} \left(45^\circ - \frac{j_n}{2} \right), \quad (6.15)$$

де L – загальна довжина армуючого прошарку (ширина армованого блоку);

H – загальна висота армованого блоку;

h_j – глибина закладення j -того прошарку;

j_n – нормативне значення кута внутрішнього тертя ґрунту засипки.

6.2.5 Перевірка стійкості клину обвалення.

6.2.5.1 Приймається, що поверхня обвалення плоска, клин обвалення поводить себе як тверде тіло і може мати будь-який розмір та форму. Стійкість будь-якого клину забезпечується, коли сили тертя, що діють на потенційну площину руйнування в поєднанні з опором розтягу групи геосинтетичного матеріалу, що анкерується в ґрунті засипки за межами площини обвалення, перевищують зсувні навантаження (рис. 6.12). Розрахунки ведуть на один погонний метр довжини підпірної стінки.

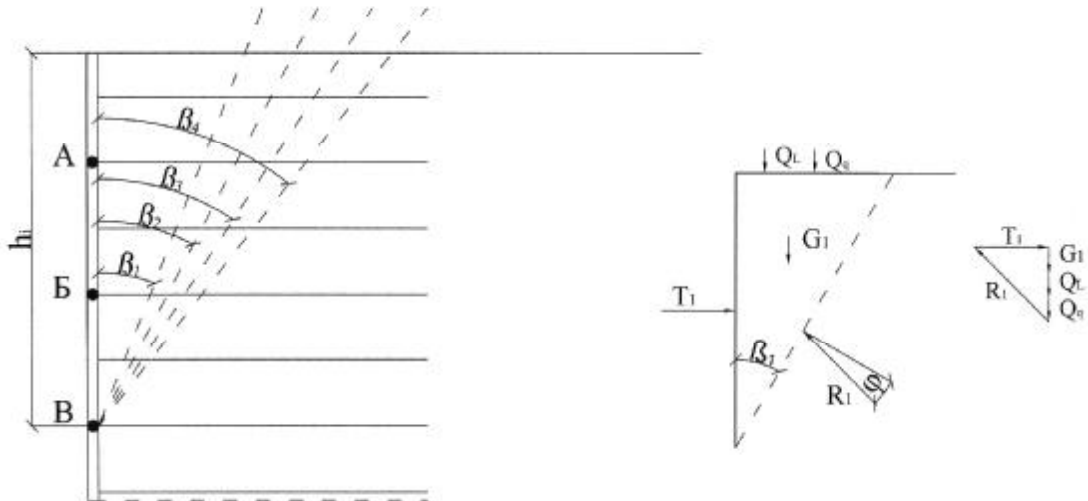


Рисунок 6.12 – Схема до розрахунку стійкості клину обвалення

6.2.5.2 При виборі потенційних поверхонь ковзання розглядають можливі поверхні ковзання для точок А, Б, В, які визначаються у перетині армуючого прошарку з лінією фасаду (рис. 6.12). Кут нахилу потенційних поверхонь ковзання b_i приймають наближено рівним куту нахилу потенційної поверхні ковзання ґрунту при відсутності армуючих прошарків з перебором можливих відхилень в більшу або меншу сторону:

$$b_i \approx q_{кр} = 45^\circ - \frac{j_n}{2}. \quad (6.16)$$

У випадку підпірної стінки завантаженої рівномірно розподіленим навантаженням для кожної з точок А, Б, В приймають одну потенційну поверхню ковзання, кут нахилу якої дорівнює $q_{кр}$.

6.2.5.3 Розглядають рівновагу сил, що діють на кожен потенційний клин обвалення:

$$T_i = (G_i + Q_q + Q_L) \cdot ctg(\beta_i + j_n) \quad (6.17)$$

де G_i – власна вага заповнювача у межах клину обвалення;

Q_q – рівнодійна постійних рівномірно розподілених зовнішніх навантажень, які діють на поверхні засипки у межах клину обвалення;

Q_L – рівнодійна вертикального розрахункового тимчасового навантаження у межах клину обвалення;

b_i – кут нахилу потенційної поверхні ковзання для блоку, що розглядається;

j_n – нормативне значення кута внутрішнього тертя ґрунту засипки.

$$G_i = g_d \cdot \frac{h_i^2}{2} \cdot \operatorname{tg} b_i; \quad (6.18)$$

g_d – розрахункове значення питомої ваги ґрунту засипки;

h_i – глибина розміщення точок А, Б або В (які розглядаються) від верху підпірної стіни;

b_i – кут нахилу потенційної поверхні ковзання для блоку, що розглядається.

6.2.5.4 Для кожної з характерних точок А, Б або В визначають максимальне значення T_i , аналізуючи сили, що діють в ряді різних потенційних клинів обвалення.

6.2.5.5 Із отриманих значень вибирають максимальне значення зусилля $T_{i \max}$, яке повинно сприйматися елементами армуючого геосинтетичного матеріалу.

6.2.5.6 Для визначеного максимального зусилля необхідно перевірити міцність шарів геосинтетичного матеріалу на розрив та проти витягування з ґрунтового масиву за межами потенційної призми обвалення.

6.2.5.6.1 Перевірка міцності шарів геосинтетичного матеріалу, які розташовані у межах клину обвалення, на розрив:

$$\sum_{j=1}^m T_{dj} \geq T_{i \max}, \quad (6.19)$$

де T_{dj} – розрахункова міцність геосинтетичного матеріалу в j -тому шарі;

m – кількість шарів геосинтетичного матеріалу, які розташовані у межах потенційного клину обвалення, що розглядається;

$T_{i \max}$ – максимальне значення зусиль розтягу в армуванні у межах потенційного клину обвалення, що розглядається.

6.2.5.6.2 Перевірка міцності шарів геосинтетичного матеріалу, які розташовані у межах клину обвалення, на витягування з нерухомої частини ґрунтового масиву:

$$\sum_{j=1}^m [2m_{pd} \cdot (g_n \cdot h_j + q_n) \cdot L_{ej} + c_d \cdot L_{ej}] \geq T_{i \max}; \quad (6.20)$$

де m_{pd} – розрахунковий коефіцієнт взаємодії, який відноситься до опору витягуванню;

g_n – нормативне значення питомої ваги ґрунту засипки;

h_j – глибина закладення j -того прошарку;

q_n – нормативне значення постійного рівномірно розподіленого навантаження;

L_{ej} – довжина геосинтетичного матеріалу в стійкій зоні, за межами поверхні ковзання, в j - тому шарі геосинтетичного матеріалу;

c_d – розрахункове значення питомого зчеплення ґрунту засипки;

$T_{i\max}$ – максимальне значення зусиль розтягу в армуванні у межах потенційного клину обвалення, що розглядається;

$$L_{ej} = L - (h_i - h_j) \cdot \operatorname{tg} b_i, \quad (6.21)$$

L – загальна довжина армуючого прошарку (ширина армованого блоку);

h_i – глибина розміщення розрахункового клину обвалення від верху підпірної стіни;

h_j – глибина закладення j -того прошарку;

b_i – кут нахилу потенційної поверхні ковзання для блоку, що розглядається.

6.2.6 Перевірка внутрішнього проковзування

До розрахунку приймають всі можливі горизонтальні поверхні зсуву на межі ґрунт-ґрунт та на межі ґрунт-геосинтетичний матеріал по висоті армованого блоку. Розрахунок виконують аналогічно до розрахунку стійкості армоґрунтового блоку проти проковзування по ґрунту основи відповідно до ВСН 167 [15] та СНиП 2.09.03.

При розгляді кругло циліндричної поверхні ковзання, що проходить через армований блок, розрахунки виконують аналогічно до 6.2.2.3 цих Норм.

6.2.7 Перевірка придатності до експлуатації

Для попередження досягнення граничного стану експлуатаційної надійності необхідно, щоб максимальна відносна деформація ε в геосинтетичному армуванні при прикладенні розрахункового навантажування не перевищувала 2 %.

6.2.7.1 Розрахункові зусилля в армуванні T_j визначають згідно 6.2.3.1 з урахуванням відповідних коефіцієнтів запасу по навантаженням та по матеріалам (для другої групи граничних станів приймаються рівними одиниці).

6.2.7.2 Потрібний січний модуль пружності при максимально-допустимій відносній деформації геосинтетика 2 % $J_{2\%}^{номп}$ повинен задовольняти умову:

$$J_{2\%}^{номп} \geq \frac{T_j}{0,02}, \quad (6.22)$$

де T_j – розрахункові зусилля в геосинтетичному матеріалі, що розраховані відповідно до 6.2.7.1 цих Норм.

6.2.8 Проектування з'єднань та фасадних елементів

Геосинтетичний матеріал у підпірних стінках, як правило, з'єднується з фасадними елементами.

6.2.8.1 У випадку спорудження підпірних стінок за методом геосинтетичних обойм, геосинтетичний матеріал одночасно виконує функцію фасадних елементів.

Для визначення довжини закладення геосинтетичних обойм визначають активний тиск ґрунту на умовну підпірну стінку по лінії фасаду s_x від власної ваги ґрунту у межах призми обвалення, постійного рівномірно розподіленого навантаження на поверхні засипки та розрахункових тимчасових навантажень відповідно до ДБН В 1.2-15, ВСН 167 та СНиП 2.09.03 (аналогічно до традиційних підпірних стінок).

Рівнодійна E_{aj} активного тиску ґрунту у межах обойми (рис. 6.13):

$$E_{aj} = \frac{s_{xj} + s_{x(j+1)}}{2} \cdot s_{vj}, \quad (6.23)$$

де s_{xj} – активний тиск ґрунту на рівні розташування j -тої обойми;

$s_{x(j+1)}$ – активний тиск ґрунту на рівні розташування j -того прошарку;

s_{vj} – інтервал армування для розрахункової обойми.

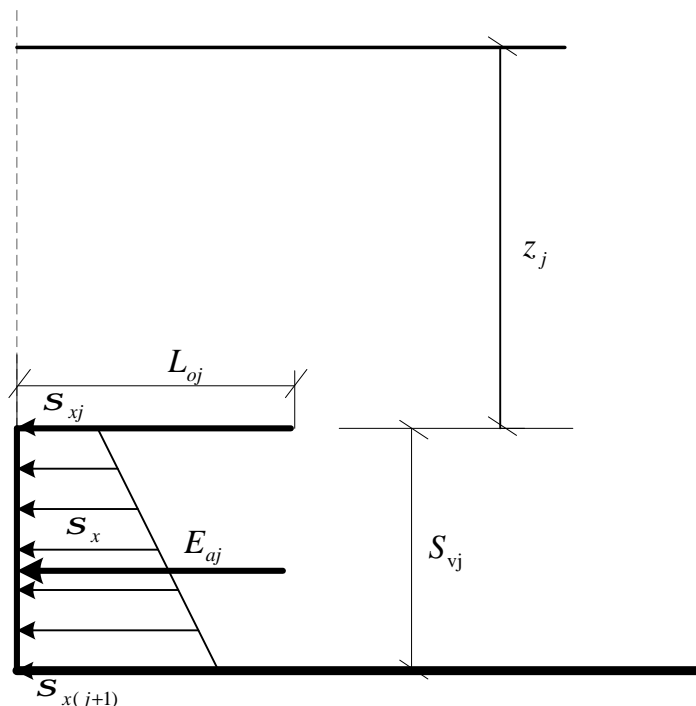


Рисунок 6.13 – Визначення довжини закладення геосинтетичної обойми

Довжина геосинтетичної обойми визначають за формулою:

$$L_{oj} = \frac{E_{aj}}{m_{pd} \cdot (g_n \cdot z_j + q_n) + c_d} \quad (6.24)$$

де E_{aj} – рівнодійна активного тиску ґрунту в межах розрахункової обойми;
 m_{pd} – розрахунковий коефіцієнт взаємодії, який відноситься до опору витягуванню;
 g_n – нормативне значення питомої ваги ґрунту засипки;
 z_j – глибина розташування j -тої обойми;
 q_n – нормативне значення постійного рівномірно розподіленого навантаження;
 c_d – розрахункове значення питомого зчеплення ґрунту засипки.

6.2.8.2 Зусилля в з'єднаннях з фасадними елементами визначаються в залежності від зусиль розтягу в геосинтетичних матеріалах, що визначені згідно 6.2.3.1. На поверхні конструкції зусилля в з'єднанні приймаються рівними 75 % від максимальних розрахункових зусиль в армуванні ($T_{zj} = 0,75 \cdot T_j$), біля основи споруди – $T_{zj} = T_j$. Проміжні значення визначають інтерполяцією.

Металеві з'єднання геосинтетичного матеріалу з фасадними елементами розраховують згідно ГОСТ 14098. Міцність елементів з'єднання перевіряють на допустимі напруження за формулою:

$$s_z = \frac{T_z}{a_z} \leq \frac{s_n}{g_m \cdot g_n}, \quad (6.25)$$

де T_z – максимальне зусилля розтягу, прикладене до погонного метра геосинтетичного матеріалу біля з'єднання;
 a_z – площа поперечного перерізу елементів з'єднання в одному погонному метрі довжини споруди, що припадають на один шар геосинтетичного матеріалу;
 s_n – нормативна межа міцності матеріалу на розтяг, яка визначається експериментально;
 g_m – частковий коефіцієнт запасу на матеріали;
 g_n – частковий коефіцієнт запасу на наслідки від втрати внутрішньої стійкості конструкції.

6.2.8.3 З'єднання геосинтетичних матеріалів між собою поділяються на готові та ті, які виконуються в процесі виконання робіт. Способи з'єднання геополотен наведено в 2.4.4 ВБН В.2.3-218-544.

Для жорстких однонаправлених геограт може застосовуватися з'єднання «бодкін» (рис. 6.14).

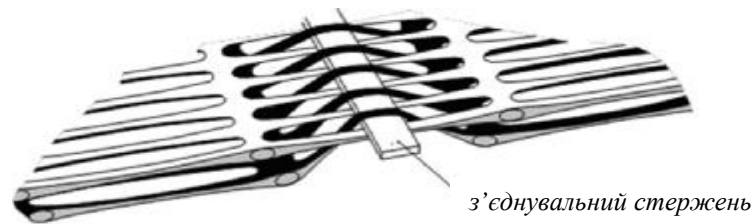


Рисунок 6.14 – З'єднання «бодкін»

З'єднання в напрямку основних напружень розтягу, тобто перпендикулярно до фасаду стіни повинні виконуватись таким чином, щоб вони мали міцність і довговічність більшу, ніж матеріали, які з'єднуються. Властивості з'єднань визначаються експериментально.

З'єднання перекриттям та скобками (степлер) не повинні застосовуватися в напрямку основних напружень розтягу.

6.2.8.4 Збірні залізобетонні конструкції фасадних плит розраховують у відповідності з фактичними схемами опираючі на гнучкі анкери і завантажені активним тиском ґрунту згідно з ДБН В.2.6-98 та [12].

7 БУДІВНИЦТВО

7.1 Геодезична розбивочна основа

Геодезична розбивочна основа закріплюється відповідно до ВБН В.2.3-218-171 із розміщенням розбивочних знаків за межами робочої площадки.

7.2 Умови виконання робіт

Всі роботи з улаштування армогрунтової конструкції повинні виконуватися за умови відсутності опадів та температури повітря не нижче ніж мінус 15 °С.

7.3 Підготовка основи

7.3.1 Перед початком виконання основних робіт необхідно виконати розчистку ділянки та зняття рослинного шару ґрунту.

7.3.2 На глибину закладення підпірної стінки влаштовується котлован у вигляді суцільної поздовжньої виїмки. Ширина котловану визначається шириною подошви конструкції в плані.

7.3.3 Поверхні, на які будуть укладатися елементи армування повинні бути спланованими, однорідними, гладкими, не містити нерівностей та уламкових матеріалів, які могли б пошкодити геосинтетичні матеріали на ширину не меншу ніж довжина нижнього шару геосинтетичного матеріалу. Необхідна рівність основи – плюс-мінус 30 мм.

7.3.4 У випадку укладання геосинтетичного матеріалу на поверхню ґрунту у природному заляганні, необхідно виконати ущільнення ґрунтів основи укочуванням до коефіцієнта ущільнення, що відповідає вимогам ДБН В.2.3-4.

7.3.5 У випадку спорудження підпірної стінки на підтоплюваній основі геосинтетичні полотна можуть укладатися під воду. При укладці під воду необхідно забезпечити занурення геосинтетичного матеріалу на заданий рівень.

7.3.6 При інтенсивних атмосферних опадах необхідно захищати ґрунти основи від перезволоження та забезпечувати поверхневий водовідвід. Необхідно приймати такі методи ведення земляних робіт, щоб мати найменшу кількість відкритого ґрунту.

7.4 Транспортування та зберігання матеріалів

7.4.1 Фасадні елементи повинні транспортуватися та зберігатися таким чином, щоб попереджати можливість будь-якого їх пошкодження.

7.4.2 Умови транспортування, розвантаження і зберігання геосинтетичних матеріалів наведено в додатку Д ВБН В.2.3-218-544.

7.4.3 Геосинтетичні матеріали та з'єднувачі повинні мати чітке маркування для можливості ідентифікації виробів з різними розмірами та з різною міцністю.

7.4.4 Полімерні елементи повинні зберігатися таким чином, щоб вони були захищені від дії атмосферних опадів, прямих сонячних променів, хімічних реагентів, вогню (включаючи іскри при зварюванні), температур вище ніж 50 °С, та будь-яких впливів, які можуть знизити їх механічні характеристики.

7.4.5 Вимоги щодо транспортування та зберігання матеріалів заповнювача згідно з ВБН В.2.3-218-171.

7.5 Монтаж фасадних елементів

7.5.1 Збірні фасадні елементи повинні встановлюватися послідовними рядами. Інтервал, рівень та вирівнювання елементів повинні перевірятися безпосередньо після закінчення встановлення кожного ряду.

7.5.2 На кожній стадії монтажу необхідно забезпечувати закріплення фасадних елементів відповідно до їх конструкції.

7.5.3 Монтаж бетонних та залізобетонних блоків ведуть відповідно до вимог СНиП 3.03.01.

7.5.4 Монтаж габіонних конструкцій здійснюють відповідно до [9].

7.5.5 При розміщенні першого шару геосинтетичного матеріалу на рівні основи, необхідно влаштувати вузьку траншею на глибину, що дорівнює відстані від краю збірного елемента до місця анкерування геосинтетичного прошарку. Після монтажу першого ряду збірних елементів в траншею, його вирівнюють та приєднують перший шар геосинтетичних прошарків. Монтують інвентарне пристосування (підкоси з упорами) яке сприймає активний тиск ґрунту при відсипці та ущільненні першого шару ґрунту. Після відсипки, ущільнення та планування шару ґрунту відповідної товщини приєднують другий шар геосинтетичного матеріалу. Другий ряд фасадних елементів монтують із постійним їх закріпленням (конструктивно) або тимчасовими інвентарними пристосуваннями (металеві скоби, вертикальні стержні у швах) до конструкцій першого ряду. Пошарово відсипають і ущільнюють ґрунт із повторюванням операцій. Горизонтальні стики та вертикальні стики влаштовують відповідно до проекту. Всі збірні фасадні елементи, за виключенням тих, що розміщені в нижньому шарі, повинні бути нахилені в бік заповнювача для компенсації розпору, що виникає під час укладання та ущільнення матеріалу заповнювача.

7.5.6 У випадку необхідності влаштування фундаменту під фасадні плити, вздовж фасаду стіни розкривають траншею на глибину закладення фундаменту, бетонують фундамент. На фундамент встановлюють перший ряд фасадних плит, закріплюють арматурні полотна та виконують відсипку та ущільнення першого шару ґрунту. Виконують повторення технологічних операцій до спорудження стіни проектної висоти.

7.5.7 Фасадні елементи на повну висоту підпірної стінки встановлюють на підготовлену основу з використанням розпорів. Рівень та вирівнювання кожного елемента перевіряють дворазово – безпосередньо після встановлення та після закінчення ущільнення матеріалу заповнювача. Кут

нахилу фасадних елементів в бік заповнювача регулюється можливими зміщеннями після зняття розпорів для забезпечення проектних допусків. Вертикальні стики між елементами заповнюють пружними прокладками або цементним розчином.

7.5.8 Сегментні фасадні блоки повинні бути встановлені із урахуванням забезпечення потрібного контакту між ними. Рівень встановлення та вирівнювання кожного блоку перевіряють безпосередньо після його встановлення і другий раз після закінчення встановлення кожного ряду. Поверхня кожного ряду сегментних блоків повинна бути очищена до встановлення наступного ряду. Максимальна вертикальна висота укладених сегментних блоків до початку відсипання ґрунту не повинна перевищувати два ряди. З'єднання геосинтетичного матеріалу з фасадними елементами здійснюють відповідно до проекту (6.1.1.3.3 цих Норм). Довжина закладення визначається на стадії проектування.

7.5.9 Будівництво армоґрунтової підпірної стінки за методом «ґрунт в обоймі» виконують відповідно до 3.5 ВБН В.2.3-218-544.

7.6 Встановлення та з'єднання елементів армування

7.6.1 Роботи по зведенню підпірних стінок ведуться захватками. Довжина захватки повинна бути кратною ширині рулонів геосинтетичного матеріалу.

7.6.2 Геосинтетичні полотна укладають в напрямку МН-орієнтації вздовж дії розтягуючих зусиль – перпендикулярно до укусу.

7.6.3 Геосинтетичні елементи з'єднують з фасадними елементами згідно з проектом, розкочують на поверхні ущільненого матеріалу заповнювача перпендикулярно до фасадних елементів або площини фасаду по всій площі захватки, щільно натягуються для попередження утворення хвиль та зморщок і фіксуються на місці за необхідністю скобами, шпильками або матеріалом заповнювача.

7.6.4 Суміжні полотна геосинтетичного матеріалу в поздовжньому напрямку відносно укладання повинні стикуватися для забезпечення повного горизонтального перекриття. При з'єднанні суміжних армуючих елементів (скоби, степлер) перекриття повинно виконуватись на мінімальну ширину 0,15 м. При вільному укладанні в поздовжньому напрямку величина перекриття не менше 0,5 м і може бути збільшена до 1,0 м при недостатній несучій здатності ґрунтової основи. При цьому перекриття виконується по напрямку пересування ґрунту засипки та руху будівельного транспорту

7.6.5 Не допускається з'єднання перекриттям в поперечному напрямку відносно полотен геосинтетичного матеріалу. При закінченні рулону і недостатній довжині геосинтетичного матеріалу завжди необхідно використовувати новий рулон.

7.6.6 Допускаються з'єднання на всю ширину армуючих елементів із забезпеченням збереження міцності матеріалу на розрив. Такі з'єднання не допускаються в межах 1,5 м від фасадних елементів, у межах 1,5 м нижче

верху підпірної стінки та в межах 1,5 м по горизонталі суміжно з іншим з'єднанням.

7.6.7 Після розміщення шару геосинтетичного матеріалу необхідно укласти та ущільнювати наступний шар заповнювача так, щоб попереджувати можливість потенційного пошкодження геосинтетичного матеріалу або тривалої дії прямого сонячного проміння. Не можна залишати геосинтетичні матеріали відкритими більше, ніж на 8 годин після укладання. Товщина технологічного шару ґрунту – не менше, ніж 15 см.

7.6.8 Не допускається наявності в елементах геосинтетичного матеріалу порізів або отворів, які не передбачені проектом.

7.6.9 При спорудженні підпірної стінки за методом геосинтетичних обойм для забезпечення заданого поперечного профілю фасаду застосовується спеціальна опалубка, яка може бути тимчасовою або служити елементом конструкції. Для утримання торцевої частини шару ґрунту у вертикальному положенні необхідно встановлювати тимчасові або постійні пристосування у вигляді бічного упору.

Геосинтетичні полотна укладають на ґрунт основи з випуском прошарку за межі лінії фасаду стіни (величина випуску для влаштування обойми визначається на стадії проектування). Виконують укладання та ущільнення ґрунту пошарово на висоту обойми. Ущільнення у безпосередній близькості до фасаду рекомендується виконувати механічними трамбівками. Вільним кінцем обойми покривають шар ґрунту, при цьому геосинтетичне полотно завертається і утворюється криволінійна фасадна частина обойми. Після цього укладають наступний шар геосинтетичного матеріалу і, за необхідності, виконують перестановку інвентарного пристосування.

7.6.10 У випадку використання для армування крупновічкових геогратів для попередження висипання ґрунту з обойм, в їх торцях розміщують крупнозернистий матеріал заповнювача, геотекстильні вставки або геотекстильні мішки заповнені рослинним ґрунтом (відповідно до проекту).

7.6.11 Послідовність технологічних операцій при спорудженні підпірної стінки за методом геосинтетичних обойм:

- Підготовка шару основи.
- Розміщення тимчасової або постійної опалубки.
- Відрізання і розміщення армуючого прошарку з припуском біля фасаду для влаштування обойми та для закладення її у ґрунт заповнювача.
- За необхідності розміщення шару геотекстилю або дернової стрічки всередину обойми для попередження витискання ґрунту через отвори геогратів на фасаді.
- Розміщення та ущільнення матеріалу засипки.
- Обгортання вільного кінця геосинтетичного матеріалу навколо заповнювача для формування обойми.

- Анкерування вільного кінця геосинтетичного матеріалу, або з'єднання його з наступним шаром геосинтетичного матеріалу.
- Натягнення фасадної обойми для формування «підтягнутого» фасаду.
- Повторення технологічних операцій до спорудження підпірної стінки на повну висоту.

7.7 Розміщення та ущільнення матеріалу заповнювача

7.7.1 Матеріал заповнювача повинен розміщуватися, розподілятися та розрівнюватися шарами, товщина яких визначається методами ущільнення, які застосовуються, та проектним положенням елементів армування.

7.7.2 Шари заповнювача повинні бути горизонтальними за виключенням похилів, потрібних для дренажу та забезпечення водовідводу. Товщина кожного шару повинна бути однаковою по всій зоні заповнювача. Укладання та ущільнення матеріалу заповнювача повинне здійснюватися в напрямку, паралельному фасаду стіни поступово, зразу ж за монтажем фасадних елементів і укладанням елементів армування.

7.7.3 Матеріал заповнювача відсипається на укладені геосинтетичні матеріали товщиною 0,25-0,3 м методом насування бульдозером, за допомогою екскаватора або екскаватора-планувальника.

7.7.4 При будівництві в процесі укладання та ущільнення заповнювача необхідно гарантувати попередження зміщення та пошкодження армуючих прошарків та фасадних елементів.

7.7.5 Не допускається рух машин безпосередньо по поверхні елементів армування. Мінімальна товщина шару заповнювача для руху транспорту – 0,15 м.

7.7.6 Укоси ґрунту у природному заляганні повинні утримуватися від обвалення для забезпечення рівномірного розміщення матеріалу заповнювача.

7.7.7 Заповнювач повинен бути ущільнений відразу ж за укладанням методом, який відповідає характеристикам матеріалу. Ущільнення починають біля фасаду стіни. Ущільнення виконують до моменту досягнення всього шару заповнювача потрібного коефіцієнта ущільнення. Коефіцієнт ущільнення повинен бути не меншим, ніж 0,95. Не допускається включень найбільший розмір яких перевищує $\frac{2}{3}$ товщини шару. Не можна допускати укладання заповнювача без його ущільнення в кінці робочого дня. Ущільнені поверхні повинні бути сплановані для забезпечення поверхневого водовідводу.

7.7.8 Матеріал заповнювача повинен мати вологість, що наближається до оптимальної. Допустимі відхилення від оптимальної вологості приймаються за ДБН В.2.3-4. За необхідності планують додаткові заходи по

дозволенню або просушуванню ґрунту до отримання потрібної вологості. Якість матеріалу заповнювачу необхідно контролювати під час будівництва.

7.7.9 Всі транспортні засоби та будівельне обладнання, які мають масу більшу ніж 1000 кг повинні розміщуватися на відстані не меншій ніж 1,5 м від фасаду підпірної стінки. Механізми для ущільнення та методи ущільнення вибирають в залежності від рідновиду ґрунту заповнювача та від близькості до існуючих котлованів, ґрунтових виробок, інших споруд так, щоб гарантувати їх існуючу стійкість.

Особливу увагу слід приділяти до виконання робіт в безпосередній близькості від фасадних елементів для попередження пошкодження з'єднань та зміщень цих елементів. Для ущільнення матеріалів заповнювача у межах 1,5 м зони від фасаду підпірної стінки використовують вібротрамбівки, віброплити, масою не більше ніж 1000 кг, або віброкотки, маса яких не перевищує 1000 кг.

7.7.10 Для роботи над зоною армування ґрунту не допускається використовувати техніку на гусеничній ході.

7.8 Дренажі

Влаштування дренажів виконують відповідно до розділу 5 ВБН В.2.3-218-544 та рекомендацій [3].

7.9 Пошкодження елементів

У випадку будь-яких пошкоджень фасадних елементів, елементів армування або з'єднань в процесі монтажу або установки, пошкоджений елемент не повинен використовуватися до перевірки його якості та властивостей.

7.10 Вимоги щодо контролю якості геосинтетичних матеріалів і робіт наведено в додатку Д ВБН В.2.3-218-544. Контроль якості робіт слід здійснювати відповідно до вимог СОУ 45.2-00018112-028.

7.11 Вимоги безпеки, охорони праці і охорони довкілля встановлені розділом 9 ВБН В.2.3-218-544.

ДОДАТОК А
(довідковий)
БІБЛІОГРАФІЯ

1. Вказівки щодо захисту земель, порушених водною ерозією. Габіонні конструкції протиерозійних споруд посібник до ВБН В.2.4-33-2.3-03-2000 “Регулювання русел річок. Норми проектування”. – К.: ВАТ «Укрводпроект», 2006. – 30 с.
2. Джоунс К.Д. Сооружения из армированного грунта. – М.: Стройиздат, 1989. – 280 с.
3. Методические рекомендации по проектированию и технологии сооружения конструкций застенного и бестраншейного трубчатого дренажа. – М.: Союздорнии, 1989. – 26 с.
4. Посібник з проектування земляного полотна і дорожніх одягів із застосуванням геосинтетичних матеріалів (доповнення до ВБН В.2.3-218-544 : 2008). – К.: Укравтодор, 2007. – 146 с.
5. Пособие по проектированию оснований зданий и сооружений (к СНиП 2.02.01–83). – М.: НИИОСП, 1986. – 391 с.
6. Применение геотекстиля и геопластиков в дорожном строительстве : тр. СоюздорНИИ / Гос. всесоюз. дор. НИИ ; Редкол.: А. Г. Полуновский (отв. ред.) и др. – М. : Союздорнии, 1990. – 126 с.
7. Проектирование подпорных стен и стен подвалов. Справочное пособие к СНиП 2.09.03–85. – М.: Стройиздат, 1990. – 86 с.
8. Разовий технологічний регламент з виробництва та контролю якості робіт на спорудження та монтаж верхньої підпірної стінки Tensar Wall з армуванням ґрунту зворотньої засипки георешіткою Tensar на автомобільній дорозі Київ-Одеса, км 92+400 РТР 218-03449261/21483639-005:2009. – К. – 2010. – 41 с.
9. Рекомендації із застосування габіонових конструкцій у дорожньому будівництві Р В.2.3–218–02070915–697:2007. – К. – 2007. – 39 с.
10. Рекомендації із застосування геосинтетичних матеріалів при будівництві та ремонтах автомобільних доріг РВ.3.2-218-02070915-496:2005. – К. – 2005. – 46 с.
11. Рекомендації з проектування і будівництва підпірних стінок із застосуванням геосинтетичних матеріалів РВ.2.3-218-02070915-668:2006. – К. – 2006. – 65 с.
12. Руководство по конструированию бетонных и железобетонных конструкций из тяжелого бетона. – М.: Стройиздат, 1978. – 174 с.
13. Руководство по проектированию подпорных стен и стен подвалов для промышленного и гражданского строительства. ЦНИИПромзданий. – М.: Стройиздат, 1984. – 117 с.

14. Синтетические текстильные материалы в транспортном строительстве/ В.Д.Казарновский, А.Г.Полуновский, В.И.Рувинский и др. /Под ред. В.Д.Казарновского. – М.: Транспорт, 1984. – 159 с.
15. Технические указания по проектированию подпорных стен для транспортного строительства (ВСН 167-70/МПС). - М.: Оргтрансстрой, 1970.
16. Тулаев А.Я. Конструкции и расчет дренажных устройств. – М.: Транспорт, 1980. – 191 с.
17. Штикель Д.Ю. Разработка методики проектирования армогрунтовых конструкций, используемых при сооружении земляного полотна автомобильных дорог: Автореф. дис ... канд. техн. наук: 05.23.14 / Союздорнии. – М., 1987. – 22 с.
18. AASHTO M288 (1997). Standard Specifications for Geotextile Specification for Highway Applications, Part 1 (18th Edition). USA: Materials and Tests Division of Texas Department of Transportation. Austin, Texas (Технічні нормативи на геотекстилі для дорожнього застосування).
19. BS 8006 Code of practice for strengthened/reinforced soil and other fills. – London: British Standards Institution, 1995. – 198 p. (Зведення правил для зміцнених/армованих ґрунтів та інших заповнювачів).
20. BD70/03: Highways Agency Design Manual for Roads and Bridges – Strengthened/Reinforced Soils and other Fills for Retaining Walls and other Bridge Abutments (Рекомендації з проектування Дорожнього агентства для доріг та мостів).
21. Design Manual for Segmental Retaining Walls (Modular Concrete Block Retaining Wall Systems), 2nd edition. National Concrete Masonry Association, 1996 (Інструкція з проектування для сегментних підпірних стін, підпірні стінові системи з модульних бетонних блоків).
22. EN 12224:2000 Geotextiles and geotextile-related products - Determination of the resistance to weathering (Геотекстиль та пов'язані з ним вироби. Визначення стійкості до старіння).
23. EN 12225-2000 Geotextiles and geotextile-related products - Method for determining the microbiological resistance by a soil burial test (Геотекстиль та пов'язані з ним вироби. Методи визначення стійкості до мікробіологічного розкладу при випробуваннях закопуванням у землю).
24. EN 12225:2000 Geotextiles and geotextile-related products - Screening test method for determining the resistance to acid and alkaline liquids (Геотекстиль та пов'язані продукти. Метод ситового аналізу для визначення стійкості до кислотних та основних рідин).
25. FHWA HI-95-038 Geosynthetic Design and Construction Guidelines (Геосинтетика, рекомендації з проектування та будівництва).
26. Koerner, R.M. 1994. Designing with Geosynthetics. (3rd Edition). USA: Prentice-hall Inc. Englewood Cliff, New Jersey (Проектування з геосинтетиками).
27. Mechanically Stabilized Earth Walls and Reinforced Soil Slopes: Design and Construction Guidelines (1996), Federal Highway Administration (FHWA)

(Механічно стабілізовані ґрунтові стіни та армовані ґрунтові укоси: рекомендації з проектування та будівництва).

28. SANS 207:2006 The design and construction of reinforced soils and fills, segmental retaining Walls, (Second Edition, 1996) National Concrete Masonry Association (NCMA) (Проектування та будівництво армованих ґрунтів та заповнювачів, підпірні стінки з модульних блоків).

29. Standard Specifications for Highway Bridges: American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO 1998) (Технічні нормативи для мостів на автомобільних дорогах).

Код УКНД 93.080.10

Ключові слова: автомобільні дороги, підпірні стінки, дорожньо-будівельні матеріали, геосинтетичні матеріали, армований ґрунт.