**Греблі з місцевих будівельних матеріалів**

***3.1. Класифікація гребель***

Широке використання місцевих будівельних матеріалів, механізація будівництва, простота конструктивних форм, можливість спорудження як на скельних, так і на нескельних грунтах забезпечили цим греблям найбільше розповсюдження. Достатній розвиток механіки грунтів, гідравліки ґрунтових вод, інженерної геології, технології виконання земляних робіт дають можливість будувати такі греблі значної висоти: гребля Свіфт – 155 м, Трайніті – 164 м (обидві в США), гребля Мінгечаурського гідровузла (СРСР) – 85 м.

Земляні греблі класифікуються за різними ознаками: за способом будівництва, конструкцією тіла греблі, конструкцією протифільтраційних пристроїв в основі, класом, висотою.

За способом будівництва земляні греблі поділяються на насипні, намивні і напівнамивні.

Насипні греблі споруджуються шляхом відсипки окремих шарів грунту з наступним ущільненням механічним способом, а також без штучного ущільнення (відсипка піонерним способом насухо, відсипка у воду, зведення за допомогою спрямованого вибуху).

Намивними греблями називаються такі, у яких весь процес спорудження греблі – розробка грунту в кар'єрі, транспортування і вкладання його в тіло греблі виконується засобами гідромеханізації.

В напівнамивних греблях розробка грунту в кар'єрах, його транспортування до греблі і відсипка в її бокових частинах проводяться тими ж способами, що і в насипних, а укладка грунту у внутрішню частину (центральну зону) виконується засобами гідромеханізації.

За конструкцією поперечного профілю земляні греблі поділяються на однорідні і неоднорідні за механічним складом грунту з включенням в окремих випадках протифільтраційних елементів. Виходячи з цієї ознаки, виділяються шість характерних видів насипних гребель (рис. 3.1): 1) однорідна (рис. 3.1*а*), коли тілом греблі є грунт одного виду (суглинок, супісок, пісок); 2) неоднорідна (рис. 3.1*в*, *д*), коли тіло греблі утворено різними грунтами; 3) з екраном з негрунтових матеріалів, включаючи і полімерні плівки (рис. 3.1 *б*); 4) з екраном з маловодопроникних грунтів, що укладені на верховому укосі, коли тіло греблі має значну водопроникність (рис. 3.1 *г*); 5) з ядром з маловодопроникних грунтів, які розташовуються в середній частині поперечного профілю греблі або зміщені в сторону верхнього б'єфа (рис. 3.1 *д, е*); б) з короткою діафрагмою (стінкою), яка виконує ті ж функції, що і ядро (рис. 3.1 *є*).







 Рис. 3.1. Види земляних насипних гребель: а – однорідна; в, г, д, е – неодноріна; б – з екраном з негрунтових матеріалів; г – з грунтовим екраном; е – з грунтовим ядром вертикальним або похилим; є – з негрунтовою діафрагмою; 1 – тіло греблі; 2 – крива депресії; 3 – дренаж; 4 – кріплення укосу; 5 – верхова протифільтраційна призма; 7 – екран з негрунтових матеріалів; 8 – грунтове ядро; 9 – перехідні зони; 10 – грунтовий екран; 11 – діафрагма; *Нгр* – висота греблі; *в* – ширина греблі низом; *вн* – ширина протифільтраційного пристрою; *вгр* – ширина гребеня греблі; *mh* - коефіцієнт закладання верхового укосу; *mt*– коефіцієнт закладання низового укосу

За конструкцією протифільтраційних пристроїв в їх основі (рис. 3.2) земляні греблі поділяються на; 1) із зубом – ґрунтовим виступом, що не доходить до водоупору; 2) із замком - ґрунтовим виступом, який перерізує водопроникний шар в основі і врізується у водоупор; 3) з діафрагмою (стінкою), яка перерізує водопроникний шар основи; 4) із зубом і діафрагмою - при такому поєднанні перерізуються більш глибокі водопроникні шари основи; 5) з ін'єкційною завісою - протифільтраційною стінкою, що утворена в грунті основи в результаті нагнітання цементного або іншого розчину; 6) з ін'єкційною висячою завісою, яка не доходить до водоупору; 7) з понуром - горизонтальною постіллю з маловодопроникних грунтів, яка, як правило, поєднується з екраном.

Клас ґрунтових гребель визначається в залежності від висоти і грунту основи і приймається з таблиці 3.1 [9].

*Таблиця 3.1*

**Клас гребель з грунтових матеріалів**

|  |  |
| --- | --- |
| Тип грунтів основи | Класи гребель |
| I | II | III | IV |
| Висота греблі, м |
| Скельні | більше 100 | від 70до 100 | від 25до 70 | менше 25 |
| Піщані крупноуламкові, глинистів твердому і | більше 75 | від 35до 75 | від 15до 35 | менше 15 |
| напівтвердому стані | більше 75 | від 35до 75 | від 15до 35 | менше 15 |
| Глинисті, водонасичені в пластичному стані | більше 50 | від 25до 40 | від 15до 25 | менше 15 |



Рис. 3.2. Протифільтраційні пристрої в основі земляних гребель: а – зуб; б – замок: в – діафрагма (стінка); г – зуб з діафрагмою (шпунтом); д – ін'єкційна завіса; е – те ж саме, висяча; є – понур

***3.2. Вибір створу і типу греблі***

В залежності від матеріалу тіла греблі і їх протифільтраційних пристроїв, а також умов їх спорудження, греблі з грунтових матеріалів поділяються на такі основні типи (табл. 3.2)

*Таблиця 3.2*

**Типи гребель з місцевих матеріалів**

|  |  |
| --- | --- |
| Типи гребель | Відмінні ознаки |
| Земляні насипні | Грунти від глинистих до гравійно-галькових, відсипаються насухо з ущільненням або у  |
| Продовження табл.3.2 |
|  | воду. |
| Земляні намивні | Грунти від глинистих до гравійно-галькових, намиваються засобами гідромеханізації. |
| Кам'яно-земляні | Грунт тіла – крупноуламковий, протифільтраційні пристрої від глинистих до дрібнопіщаних. |
| Кам'яно-накидні | Грунт тіла – крупноуламковий, протифільтраційні пристрої з негрунтових матеріалів. |

**Створ греблі** необхідно вибирати на основі техніко-економічного порівняння варіантів в поєднанні з компоновкою гідровузла і в залежності від топографічних, гідрологічних, інженерно-геологічних умов майданчика будівництва і вимог охорони природного середовища .

Топографічні умови впливають на визначення довжини греблі і її висоти. Як правило, при всіх інших умовах, перевага надається створу, що розміщується в найбільш вузькій частині річкової долини і розташований нормально до горизонталей. При цьому об'єм робіт буде мінімальний.

Інженерно-геологічні умови оцінюються міцностними характеристиками грунтів, їх розташуванням і водонепроникністю. Велике значення має також водонепроникність грунтів, які складають чашу водосховища, їх взаємне розташування і падіння пластів. Необхідно підкреслити, що інженерно-геологічні умови грунтів, які утворюють чашу водосховища і основу греблі, нерідко є вирішальними при виборі створу греблі.

Гідрологічні умови пов'язані з вирішенням питання про наповнення водосховища і витрати, які будуть скидатися в нижній б'єф в період повені.

При виборі створу необхідно враховувати умови розташування водоскидних споруд, які в значній мірі впливають на вартість вузла, та умови експлуатації. Найбільш доцільно вибирати створ одночасно з трасуванням водоскиду.

Велике значення при виборі створу має спосіб пропуску повеневих і будівельних витрат, наявність шляхів сполучення, ліній електропередач, відстань до заводів залізобетонних виробів тощо. Прийнятий створ греблі обґрунтовується ціновими показниками, строками введення в дію гідровузла і зручністю в експлуатації.

**Тип греблі** необхідно вибирати в залежності від топографічних і інженерно-геологічних умов основи і берегів, гідрологічних і кліматичних умов району будівництва, значення напору води, наявності грунтових будівельних матеріалів, сейсмічності району, загальної схеми організації, будівництва і виконання робіт, особливостей пропуску будівельних витрат, строків введення в експлуатацію та умов експлуатації греблі.

Тип і конструкція греблі вибирається на основі техніко-економічного порівняння варіантів, які враховують технологію будівельних робіт, а також загальну компоновку гідровузла. Варіанти, що порівнюються, повинні мати однакову ступінь розробки і надійності. Для будівництва греблі з грунтових матеріалів необхідно передбачити використання грунтів і кам'яних матеріалів з корисних виїмок.

***3.3. Конструювання поперечного профілю греблі***

Земляна гребля, правильно запроектована і побудована, має бути: 1) стійка (як і її основа) при всіх можливих умовах роботи; 2) захищена від руйнуючої фільтрації води, що проходить крізь тіло греблі і основу, від дії вітрових хвиль, а також дії інших природних чинників; 3) максимально економічна.

Закладання укосів греблі вибирається, виходячи з умов стійкості і з врахуванням: фізико-механічних характеристик грунтів укосів і основи; сил, які діють на укіс; висоти греблі; умов виконання робіт і експлуатації [8].

Верховий укіс, який знаходиться під дією хвиль, льоду і насичений на всю висоту водою, виконується пологішим, низовий - крутішим. Укоси гребель висотою до 10 м виконуються з постійним закладанням (рис. 3.3); в греблях більшої висоти для зменшення об'єму насипу укоси доцільно приймати зі змінними закладаннями, більшими біля основи і меншими біля гребеня греблі.

Таке закладання характерне для середніх і високих гребель. Переломи укосів по висоті назначаються через 8…10 м, приймаючи збільшення закладення на 0,5 для верхових укосів і на 0,25 для низових (рис. 3.3 *б*).

Рис. 3.3. Закладання укосів греблі: а – постійне; б – змінне

В зв'язку з тим, що закладання укосів перевіряється розрахунками на стійкість, в яких коефіцієнти закладання повинні бути відомими, то на попередніх стадіях проектування значення коефіцієнтів вибирається відповідно до таблиці 3.3, яка складена на основі досвіду будівництва і експлуатації гребель [5]. Після розрахунків укосу з прийнятим коефіцієнтом закладання на стійкість, в залежності від результатів, проводяться необхідні уточнення в конструкції.

*Таблиця 3.3*

**Коефіцієнти закладання укосів земляних насипних гребель**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Висота греблі, м | Коефіцієнти закладання укосу | Висота греблі, м | Коефіцієнти закладання укосу |
| верхового mh | низового mt | верхового mh | низового mt |
| <55-1010-15 | 2,0-2,52,25-2,752,5-3,0 | 1,5-1,751,75-2,252,0-2,5 | 15-20>50 | 3,0-4,04,0-5,0 | 2,5-3,03,0-5,0 |

(Закладання укосу повинно бути кратним 0,25)

В місцях зміни закладання укосів часто створюються горизонтальні площадки – берми. Розташовуються вони, як правило, через 8...10 м по висоті, починаючи з гребеня греблі. На верховому укосі берми рекомендується розташовувати в кінці кріплення, щоб створити для нього необхідний упор. На низовому укосі берми використовуються для створення службових переїздів-переходів, зв'язаних з необхідністю вести огляд за станом покриття і його ремонтом. Для збирання води, яка стікає по укосу, на внутрішній стороні берми влаштовуються кювети з відводом води з них в лотоки, які укладаються по укосу, що розташований нижче. Берми, якщо по них немає проїзду, мають ширину 2...3 м з уклоном 2-4% в бік кювета.

**Гребінь греблі.** Ширина гребеня греблі визначається в залежності від умов виконання робіт і експлуатації. Якщо на гребені передбачається проїзд автомобільного транспорту, то гребінь проектується як дорога, що проходить по насипному грунту, і ширина його приймається в залежності від категорії дороги (рис. 3.4). Для забезпечення стоку атмосферної води гребінь виконується з поперечним уклоном в обидві сторони від осі. Значення поперечних уклонів залежать від типу покриття і знаходяться в межах 2-4%. Поперечні уклони обочин при двосхилому поперечному профілі приймаються на 10-30% більші за поперечні уклони проїжджої частини і залежать від типу кріплення обочин. Проїжджа частина дороги покривається кріпленням, до складу якого входить покриття і підготовка під нього. Тип покриття залежить від категорії дороги, але, незалежно від типу покриття, в основу його закладаються піщані або гравійні грунти. Вони необхідні для більш рівномірного розподілу тиску від сконцентрованих вантажів і швидкого відводу води, яка просочилася крізь покриття. Вода виводиться через дренажні отвори, що розміщуються нормально до осі дороги, і стікає на укіс. Вздовж дороги по краях обочин розташовуються огороджувальні пристрої стовпи-надовбні, інколи низькі стінки, парапет – для попередження з'їзду автомобілів з насипу.

Якщо на гребені проїзд не передбачено, то ширина його вибирається з умов виконання робіт, але не менше 4,5 м, при цьому гребінь греблі спеціально не закріплюється, а лише проводиться засів багаторічних трав або відсипка щебеню.



Рис. 3.4. Гребінь греблі: 1 – покриття гребеня; 2 – дренажна труба із зворотним фільтром; 3 – надовбні

**Визначення відмітки гребеня греблі.** Перевищення гребеня греблі над розрахунковим рівнем води у водосховищі визначається за залежністю

 , (3.1)

де *Δhset* – висота вітрового нагону води; *hrun*1% – висота накочування вітрової хвилі 1% ймовірності перевищення; *а* – запас висоти греблі. Значення *Δhset* визначається за залежністю

 , (3.2)

де *κw* – коефіцієнт, який приймається в залежності від швидкості вітру; *Vw* –розрахункова швидкість вітру; *L –* довжина розгону вітрової хвилі; *d –* глибина води перед греблею (залежно від розрахункового випадку); *g* – прискорення сили тяжіння; *αw* – кут між поздовжньою віссю водойми і напрямком пануючих вітрів.

Значення *hrun*1% визначається відповідно до нормативних положень [8, 14, 16]. Конструктивний запас *а* вибирається як більше із значень 0,5 м або 0,1 *h*1% (*h*1% - висота хвилі 1% ймовірності перевищення). Розрахунок за формулою (3.1) проводиться для двох рівнів – нормального підпірного рівня води (НПР) і форсованого підпірного рівня (ФПР). Розрахунковою відміткою гребеня вибирається більша з обчислених.

Якщо на гребені греблі буде влаштовано парапет, то відмітка верху парапету визначається як відмітка гребеня греблі. При цьому відмітка гребеня греблі повинна бути не менше, ніж на 0,3 м вище НПР і не нижче ФПР [8]. Висота парапету вибирається в межах 1,2...1,5 м.

Визначаючи *hs* при НПР, швидкість вітру *Vw* приймається 1% забезпеченості, яка спостерігається протягом року, а при ФПР - 20-50% забезпеченості в залежності від класу [8].

При завершенні будівельних робіт відмітка гребеня греблі має бути більшою від проектної на значення можливого осідання греблі *Δh*, яке можна очікувати після закінчення будівництва.

**Кріплення укосів.** Укоси земляних гребель облаштовуються спеціальними кріпленнями від руйнуючої дії хвиль, льоду, течій води, зміни рівнів води, кліматичних умов (вітер, атмосферні опади) та інших чинників, що призводять до руйнування укосів (проникнення землерийних тварин, здимання глинистого грунту в зимовий період). Вибір кріплення в кожному конкретному випадку проводиться на основі техніко-економічного порівняння варіантів з врахуванням максимального використання засобів механізації і місцевих матеріалів, грунту тіла греблі і основи, агресивності води, довговічності кріплення в умовах експлуатації, архітектурних вимог.

Для захисту верхового укосу застосовуються, як правило, такі види кріплень: а) кам'яні (накидні); б) бетонні монолітні, залізобетонні збірні і монолітні із звичайною і попередньо напруженою арматурою; в) асфальтобетонні; г) біологічні [8]. При наявності даних, що обґрунтовані дослідами або досвідом будівництва і експлуатації гребель, допускається застосовувати інші види кріплень, наприклад, гравійно-галькові, грунто-цементні, з металургійних шлаків або влаштовуються похилі – хвилестійкі (пляжні) укоси. Кріплення укосу складається з таких основних конструктивних частин: а) власне кріплення, яке захищає укіс від механічних пошкоджень; б) підготовка, яка закладається під кріплення для вирівнювання поверхні укосу, дренування укосу при коливаннях рівня води у водосховищі і захисту від виносу дрібнозернистих частинок грунту при хвильових діях (в останньому випадку підготовка виконується у вигляді зворотного фільтра); в) упор, який захищає нижню частину кріплення від підмиву і забезпечує його стійкість.

У зв'язку з неоднаковими умовами роботи кріплення в різних зонах укосу воно поділяється на полегшене і основне. Основне кріплення розташовується в зоні хвильових і льодових дій, що виникають в експлуатаційний період. Це кріплення може мати різну товщину, яка зменшується з глибиною. Укіс нижче основного кріплення, а інколи і дно перед укосом, у випадку необхідності, захищаються полегшеним кріпленням. Верхнею межею кріплення, як правило, вважається відмітка гребеня греблі. Нижня межа основного кріплення розташовується на глибині *h* = *2h*1% нижче мінімального рівня води у водосховищі, як правило, рівня мертвого об'єму (РМО) (*h*1% - висота хвилі 1% ймовірності перевищення розрахована для даного рівня води у водосховищі). В той же час ця межа повинна бути нижча за мінімальний рівень води у водосховищі не менше, ніж на 1,5*tл*, де *tл* – розрахункова товщина льоду для даного району. Нижня межа полегшеного кріплення визначається з умови недопущення розмиву грунту греблі течією або хвилями.

Кам'яне кріплення у вигляді кам'яного накиду виконується переважно з невідсортованого каменю (гірська маса), що пов'язано із значними труднощами сортування кам'яного матеріалу, особливо при значних розмірах.



 Рис. 3.5. Конструкція кріплення укосу каменем:

1 – кам'яний накид; 2 – зворотний фільтр; 3 – кам'яний упор на бермі; 4 – полегшене кріплення (щебінь або гравій); 5 – верхня межа кріплення; 6 – нижня межа кріплення

Розташовується кріплення на підготовці у вигляді зворотного фільтра (рис.3.5).

Товщина окремого шару зворотного фільтра повинна бути не менше 15 см. Загальна товщина зворотного фільтра може бути досить значною - до 60 см, як це виконано, наприклад, на Каховському водосховищі [6].

При проектуванні кріплення укосів з рваного каменю масу окремого елемента *М* або *Мz*, яка відповідає стану його граничної рівноваги від дії вітрових хвиль на укосах при 1,5 ≤ *mh* ≤ 5 необхідно визначити: при розташуванні каменю на ділянці укосу від верху споруди до глибини *z* = 0,7*h* за залежністю [8]

 , (3.3)

а при *z* > 0,7*h* за залежністю

 , (3.4)

де *ρm* – щільність каменю; *ρ* – густина води; *h* – висота хвилі 2% забезпеченості; *κfr* – коефіцієнт, значення якого можна орієнтовно приймати для кам’яного кріплення 0,025; *λ* – розрахункова довжина хвилі.

Товщина кам'яного накиду *tн* приймається з врахуванням можливості часткового винесення дрібної гірської маси при хвильових діях і переміщенні крупних каменів, ущільненні матеріалу кріплення, а також з досвіду експлуатації аналогічних кріплень, але не менше 3*ds,*85, де *ds,*85 – діаметр каменю, маса якого разом з масою більш дрібних фракцій складає 85% маси всього кам'яного кріплення. Для визначення діаметра *ds,*85 рекомендується залежність

 , (3.5)

де *М* – маса каменю (формула 3.3) в тонах; *ρm* – щільність каменю, т/м3

В практиці кріплення укосів, коефіцієнти закладання яких знаходяться в межах 1,5-2,5 при висоті розрахункової хвилі до 1 м і малих площах кріплення, використовувалось брукування укосів, яке в конструктивному відношенні аналогічне кріпленню автомобільних доріг. Таке кріплення влаштовувалось по заздалегідь підготовленому укосу (гравійна або щебенева підготовка), вимагало менше будівельних матеріалів, але при цьому необхідні штучно підібрані камені, кріплення менш гнучке, частіше руйнувалося, вимагало ручної праці. Випадкове випадання одного-двох каменів з конструкції кріплення призводить до прогресивного руйнування покриття. Обмеження деформацій може бути досягнуто за рахунок укладання каменю в бетонні клітки. Перелічені недоліки такого кріплення є досить суттєвими і тому застосовувати його не рекомендується.

Бетонні і залізобетонні кріплення виконуються у вигляді плит, які монолітяться на місці, або збірних залізобетонних плит (рис. 3.6).

Монолітні плити, товщино від 15 до 50 см, мають прямокутну форму в плані з співвідношенням сторін 1≤ *lsl*/*bsl* ≤2, де *lsl* – більша сторона плити; *bsl* – менша сторона, що розташована перпендикулярно до урізу води. Розмір *bsl* вибирається 0,4*λ*, де *λ* – розрахункова довжина хвилі, але не більше 20 м. Відповідно до [8] монолітні залізобетонні кріплення бажано проектувати у вигляді секцій розміром не більше 45x45 м кожна, які розділяються між собою як поперечними, так і повздовжніми температурно-осадочними швами.

Рис. 3.6. Конструкція кріплення укосу бетонними (залізобетонними) плитами: 1 – основне кріплення з плит; 2 – полегшене кріплення; 3 – підготовка під кріплення; 4 – упор основного кріплення; 5 – шви; 6 – верхня межа основного кріплення; 7 – нижня межа кріплення

Збірні плити виконуються товщиною від 8 до 20 см і розмірами від 1,5x1,5 до 5x5 м в залежності від наявного підйомного обладнання (монтажних кранів). Вони укладаються на суцільну підготовку по типу зворотного фільтра з шарнірним з'єднанням між ними. Плити невеликих розмірів можуть бути на місці об'єднані в секції більш значних розмірів, утворюючи збірно-монолітні плити шляхом замонолічування (бетонування) швів. Необхідно зазначити, що при влаштуванні кріплення з плит потрібно, щоб плити в суміжних горизонтальних рядах зміщувалися на половину довжини їх ребра для того, щоб температурно-осадочні шви не були наскрізними по всій площині укосу. Шви між плитами значних розмірів можуть бути як відкритими, так і закритими. Вони ущільнюються асфальтобетоном або фасонною гумою, що надає кріпленню відповідної гнучкості, яка необхідна для збереження його здатності працювати при можливих деформаціях укосу в результаті осідання споруди.

Всі види плит розташовуються на відповідній підготовці з щебеневого або крупноуламкового грунту. Розділяється підготовка на вирівнюючу і фільтрову. Вирівнююча підготовка надає поверхні укосу форму площини, а також забезпечує більш щільний контакт низової поверхні плити з укосом греблі. Товщина підготовки вибирається з умови виконання робіт і приймається не менше 20 см. Така підготовка характерна при влаштуванні монолітних або збірно-монолітних плит значних розмірів.

Фільтрова підготовка (по типу зворотного фільтра) влаштовується під температурно-осадочними швами залізобетонних покриттів і має вигляд стрічки трапецієвидного поперечного перерізу з спеціально підібраного матеріалу, укладеного в два-три шари, або одного шару різно-зернистого матеріалу заданого зернового складу. При застосуванні плит незначних розмірів фільтрова підготовка влаштовується суцільною під всією площею кріплення. Це дає змогу попередити виникнення фільтраційних деформацій у випадку утворення тріщин в плитах, а з іншого боку спрощуються умови виконання робіт. Для зворотних фільтрів, які розташовуються під швами плит, можуть бути використані штучні волокнисті матеріали (базальтові, з скловолокна тощо).

Покриття з плит розраховується на міцність як балка на пружній основі. В залежності від максимального згинаючою моменту від динамічної дії хвиль підбирається арматура, яка може бути одинарною і розміщується знизу або подвійною. Армування, як правило, складає 0,2-0,6%. Товщина монолітної плити повинна бути такою, щоб була забезпечена її загальна стійкість проти спливання під дією фільтраційного тиску при швидкому зниженні рівня води у водосховищі. При попередніх розрахунках товщина плити може бути визначена за залежністю

 , (3.6)

де *bsl* – розмір плити по нормалі до урізу води; *η* – коефіцієнт запасу (1,1-1,2); *h*1% - висота хвилі 1% забезпеченості.

Кріплення низового укосу вибирається в залежності від матеріалу, з якого споруджена низова призма греблі, з метою захисту його від атмосферних дій (опади, природне вивітрювання) і руйнування землерийними тваринами. Прості і дешеві способи кріплення низового укосу - залуження і дернування. При глинистих і піщаних грунтах для прискорення росту трав на поверхню укосу насипається шар рослинного грунту товщиною 10...12 см. На крутих укосах паралельно до бровки греблі нарізуються борозни, які збільшують стійкість рослинного грунту проти сповзання. Покриття у вигляді залуження починають проявляти захисні властивості після закріплення кореневої системи трав, на що необхідно не менше року. В якійсь мірі можна попередити деформацію укосу в перший рік експлуатації шляхом його залуження в дернових клітках.

В практиці гідротехнічного будівництва застосовуються трав'яні килими, які вирощуються на полігонах і досить зручні як для ремонту, так і для кріплення укосів. Склад травосуміші підбирається в залежності від кліматичних умов і типу грунту греблі.

Залуження і дернове кріплення укосів можна застосовувати тільки в умовах, сприятливих для проростання трав, та при забезпеченні періодичного поливу укосів в літній період. В районах з сухим кліматом, сильними вітрами низові укоси покриваються ущільненим шаром щебеню або гранітно-галькового грунту товщиною 20...30 см. Частинки такого грунту не повинні переміщуватися зливовими водами, які збігають з укосу, а також повинні бути стійкими при сильному вітрі. Як правило, на низовому укосі необхідно передбачити відведення поверхневих вод. Для цього в місцях спрягання греблі з берегами і на бермах розташовуються водопровідні лотоки і кювети.

Ділянки низового укосу, якщо вони знаходяться в зоні хвильових дій і льоду, з сторони нижнього б'єфа закріплюються так, як і верховий укіс. Верхня межа кріплення, в такому випадку, буде визначатися умовами накочування хвиль, а його нижньою межею буде підошва укосу.

**Дренажні пристрої** в земляних греблях проектуються для: а) організованого відводу води, яка проходить через тіло греблі і основу в нижній б'єф; б) попередження виходу фільтраційного потоку на низовий укіс і зону, що може проморожуватися; в) економічно обґрунтованого пониження депресійної поверхні для підвищення стійкості низового укосу (внутрішній дренаж); г) підвищення стійкості верхового укосу при швидкому спорожненні водосховища, а також для того, щоб зняти поровий тиск, який виникає при сейсмічних діях; д) відведення води, що профільтрувалася крізь протифільтраційні пристрої (екран, ядро).

Найбільш поширеними конструкціями дренажів, які позитивно зарекомендували себе в практиці будівництва гребель, є:

а) дренажний банкет; б) приставний (похилий); в) трубчастий; г) горизонтальний; д) комбінований.

Дренажний банкет (він також називається дренажною призмою) (рис. 3.7) досить поширений вид дренажу, влаштовується, як правило, на руслових ділянках гребель. Укладається банкет з кам'яного накиду, діаметр каменю при наявності хвиль в нижньому б'єфі визначається згідно розрахунку.

Рис. 3.7. Дренажний банкет: 1 – кам'яний накид; 2 – крива депресії; 3 – зворотний фільтр

Перевищення гребеня дренажного банкету над максимальним рівнем води нижнього б’єфа приймається у відповідності з розрахунком [8], але не менше 0,5 м. Ширина банкету верхом вибирається з виробничих умов, але не меншою 1,0 м. По внутрішньому укосу банкету вкладається зворотний фільтр. Внутрішній укіс банкету *mв* необхідно приймати як і природній укіс матеріалу, з якого влаштовується зворотний фільтр. Коефіцієнт закладання зовнішнього укосу дренажу *m3* задається з умови стійкості (як правило – 1,5).

У випадку розташування в основі греблі дрібнозернистих грунтів і при значних вихідних градієнтах напору під дренажним банкетом необхідно також влаштовувати горизонтальний зворотний фільтр. Банкет проектується так, щоб крива депресії була заглиблена під поверхнею низового укосу *d*1 на величину більшу, ніж глибина промерзання для даного району (*d*1 > *tпр*).

Приставний дренаж (рис. 3.8) криву депресії не знижує, а тільки захищає низовий укіс в місці виходу фільтраційного потоку від можливих фільтраційних деформацій, і в конструктивному відношенні має вигляд зворотного фільтра, який розташовується на поверхні укосу. Його рекомендується влаштовувати на ділянках греблі, які перекривають заплаву, що у відповідні періоди може бути затоплена. Матеріал приставного дренажу повинен спрягатися з матеріалом зворотного фільтра і захищати низовий укіс від дії хвиль в нижньому б’єфі і від промерзання.

Рис. 3.8. Приставний дренаж:1 – кам'яний накид; 2 – крива депресії; 3 – зворотний фільтр

Трубчастий дренаж (3.9) застосовується на тих ділянках греблі, де в період її експлуатації вода в нижньому б'єфі відсутня. Приймальна частина дренажу виконується з перфорованих бетонних або азбоцементних труб, які укладаються паралельно підошві укосу, наслідуючи її вигини і забезпечуючи при цьому односторонній уклон. По периметру приймальної частини закладається зворотний фільтр.

Рис. 3.9. Трубчастий дренаж:

1 – перфорована труба; 2 – крива депресії;

3 - зворотний фільтр

Останнім часом стали застосовувати збірні труби з пористого бетону, які працюють без зворотного фільтра. З приймальної частини дренажу вода відводиться трубами в нижній б'єф.

Горизонтальний дренаж (рис. 3.10) виконується у вигляді суцільного дренажного шару або окремих горизонтальних поперечних або повздовжніх дренажних стрічок, що відсипаються з крупнозернистого матеріалу і захищені зворотними фільтрами. Влаштовується на ділянках греблі, де відсутня вода в нижньому б'єфі.

Простота виконання, механізація укладки дренажного матеріалу забезпечили досить широке його застосування в практиці будівництва.

Рис.3.10. Горизонтальний дренаж: 1 – стрічка незернистого матеріалу; 2 – крива депресії; 3 – зворотний фільтр; 4 – відвідна труба; 5 – відвідний канал

Комбінований дренаж (рис. 3.11 *а, б*) проектується як на руслових, так і на заплавних ділянках, які можуть бути затоплені. Відмітка гребеня банкету в обох випадках визначається з умови перекриття русла річки. У випадку, коли рівень води нижнього б'єфа піднімається вище гребеня банкету, навіть на незначний період, застосовується схема 3.11 *а*.



Рис. 3.11. Комбіновані дренажі: а – поєднання дренажної призми з приставним дренажем; б - поєднання призми з горизонтальним дренажем; 1 – дренажна призма; 2 – крива депресії; 3 – зворотний фільтр

Поєднання дренажного банкету з горизонтальним дренажем найбільш доцільно, коли необхідно провести дренаж основи греблі, якщо основа складена насиченими зв'язними грунтами (рис. 3.11 *б*).

В умовах, коли депресійна поверхня розташована досить далеко від низового укосу за рахунок дренажних властивостей основи, то дренаж греблі може і не влаштовуватись, але це потребує спеціального обґрунтування.

***3.4. Основні вимоги до гребель та їх ґрунтів***

Поперечному перерізу греблі необхідно надати таке окреслення і такі розміри, які забезпечили б стійкість тіла греблі і її основи при всіх можливих випадках роботи споруди.

Фільтраційна вода, що проходить через тіло греблі, повинна бути перехоплена і відведена системою дренажів.

Укоси греблі повинні бути захищеними спеціальними кріпленнями від дії хвиль та інших кліматичних факторів.

Пропускна спроможність водоскидних споруд повинна забезпечувати пропуск максимальних витрат для запобігання переливу води через гребінь греблі.

За умовами розміщення ґрунтів в тілі греблі виділяють три характерні частини поперечного профілю:

а) основна частина, що виконує роль масиву, який забезпечує стійкість всієї споруди (будь-який грунт);

б) частина греблі, що зайнята протифільтраційними пристроями (грунт з малим коефіцієнтом фільтрації);

в) частина греблі, що зайнята дренажем (грунт з великим коефіцієнтом фільтрації).