

Лекція 11. Греблі земляні з крупно уламкових ґрунтів та інші

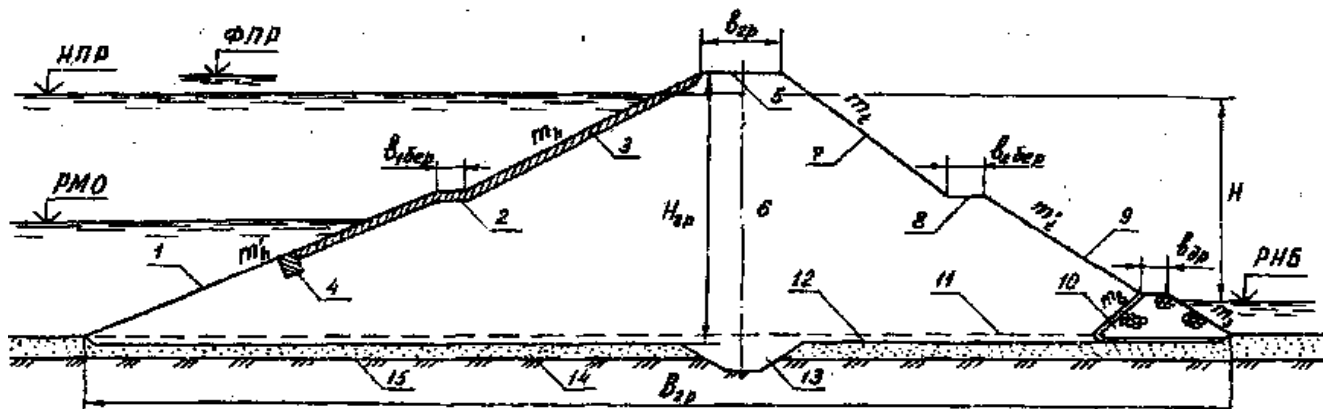
Мета лекції: ознайомлення з класифікацією земляних гребель, усвідомлення особливостей роботи гребель, засвоєння їх конструктивних особливостей, розуміння основ фільтраційних і статичних розрахунків земляних гребель.

План

1. Загальні відомості і класифікація гребель.
2. Конструювання поперечного профілю греблі.
3. Фільтраційні і статичні розрахунки земляних гребель.

1. Суттєвою перевагою ґрунтових гребель є те, що для їх спорудження використовується місцевий будівельний матеріал, для його підготовки необхідні тільки розкривні роботи, але в загальному об'ємі вартості їх доля незначна. Крім того: 1) будівництво земляних гребель можливе в будь-яких географічних районах; 2) всі процеси, пов'язані з укладкою ґрунту у тіло механізовані; 3) ґрунт тіла греблі не витрачає своїх властивостей із часом; 4) греблі мають незначні експлуатаційні витрати; 5) їх можна нарощувати по висоті, не виключаючи з роботи водосховище.

Ґрунтова гребля – це насип з ґрунту, який має форму нерівнобокої трапеції у поперечному перерізі, нормальному до поздовжньої осі (рис. 1.2.1).



- 1 – верховий укіс; 2 – берма верхового укусу; 3 – кріплення верхового укусу; 4 – упор кріплення; 5 – гребінь греблі; 6 – тіло греблі; 7 – низовий укіс; 8 – берма низового укусу; 9 – кріплення низового укусу; 10 – дренаж; 11 – природна поверхня ґрунту; 12 – підшва греблі; 13 – замок; 14 – водопроникний шар основи; 15 – водонепроникний шар основи - водоупор

Рисунок 1.2.1 – Ґрунтова гребля

В залежності від матеріалу тіла і протифільтраційних пристроїв, а також умов спорудження, греблі із ґрунтових матеріалів поділяються на такі типи (табл.1.2.1).

Таблиця 1.2.1 – Типи гребель з місцевих матеріалів

| Типи гребель | Відмітні позначки |
|------------------|--|
| Земляні наливні | Ґрунти від глинистих до гравійно-галькових, наливються засобами гідромеханізації |
| Земляні насипні | Ґрунти від глинистих до гравійно-галькових, відсипаються засухо з ущільненням або у воду |
| Кам'яно-земельні | Ґрунт тіла – крупноуламковий, профільтраційні пристрої від глинистих до дрібно піщаних |
| Кам'яно-накидні | Ґрунт тіла – крупноуламковий, профільтраційні пристрої з неґрунтових матеріалів |

Земляні греблі класифікують за різними ознаками: за способом будівництва; конструкцією тіла греблі; конструкцією проти фільтраційних пристроїв; за класом; за висотою.

За способом будівництва греблі поділяються на уасипні, наливні і напівналивні.

Насипні греблі споруджуються шляхом відписки окремих шарів ґрунту з наступним ущільненням механічним способом.

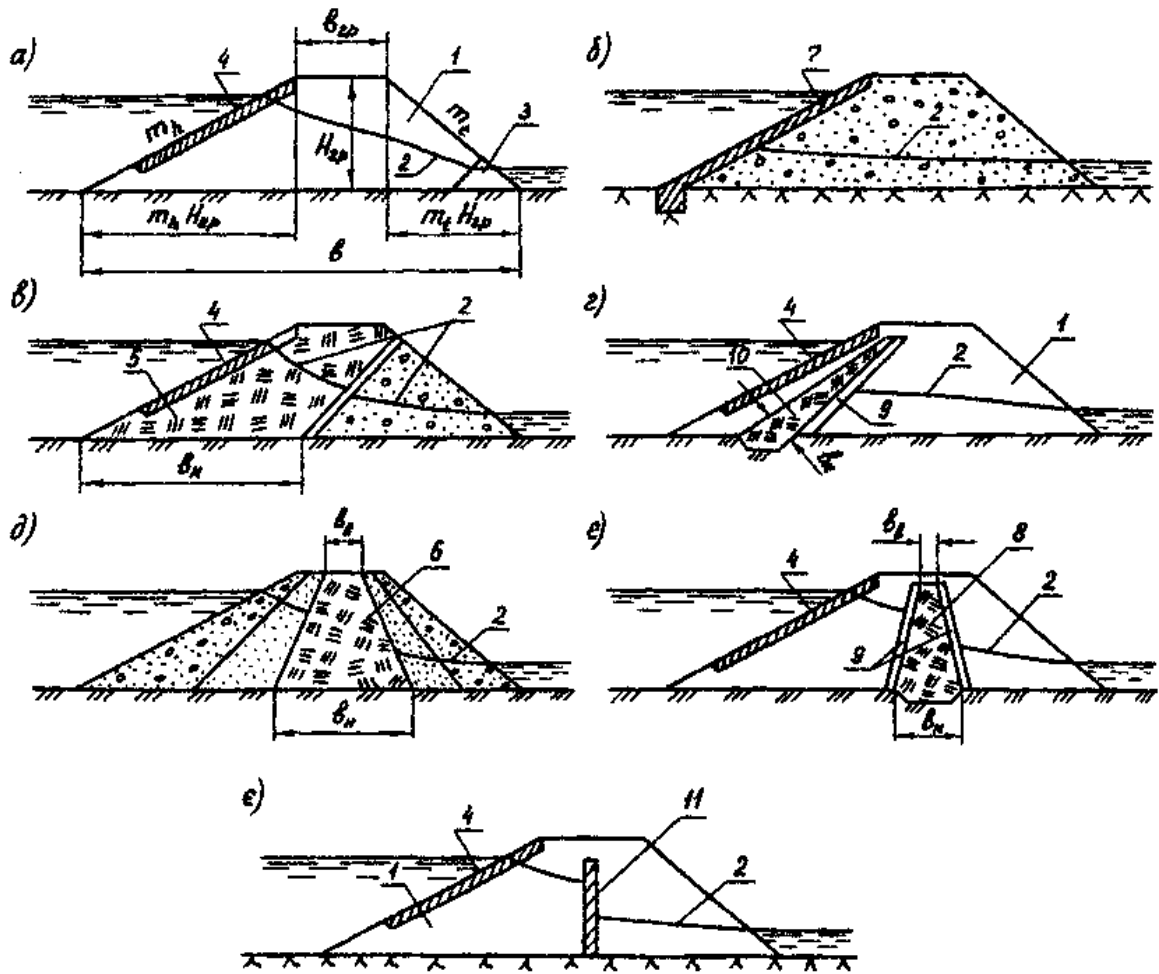
Весь процес спорудження наливних гребель виконується засобами гідромеханізації.

При спорудженні напівналивних гребель розробка, транспортування і відсипка ґрунту проводяться такими ж способами, як і в насипних, а укладка ґрунту у центральну зону гідромеханізована.

За конструкцією поперечного профілю виділяють наступні види насипних гребель (рис.1.2.2):

- 1) однорідна – коли тілом греблі є ґрунт одного виду (суглинок, супісок, пісок);
- 2) неоднорідна – коли тіло греблі утворено ґрунтами декількох видів;
- 3) з екраном із неґрунтових матеріалів;
- 4) з екраном з маловодопроникних матеріалів, коли тіло греблі має значну водопроникність;

- 5) з ядром з маловодопроникних ґрунтів;
 6) з жорсткою діафрагмою, яка виконує ті ж функції, що і ядро.



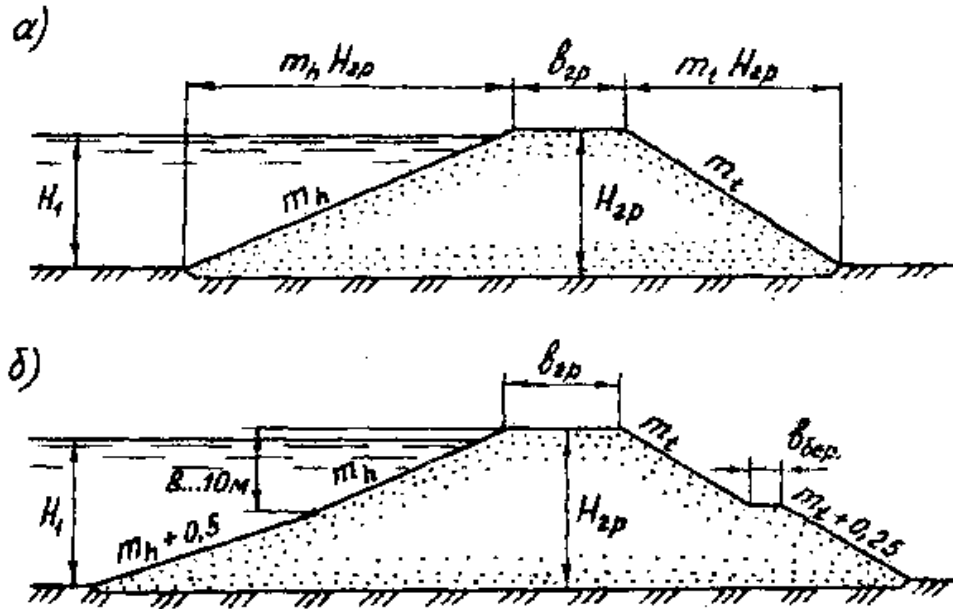
а – однорідна; в-е – неоднорідна; б – з екраном із неґрунтових матеріалів; г – з ґрунтовим екраном; е – з ґрунтовим ядром; 1 – тіло греблі; 2 – крива депресії; 3 – дренаж; 4 – кріплення укосу; 5 – верхова протифільтраційна призма; 6 – центральна протифільтраційна призма; 7 – екран з неґрунтових матеріалів; 8 – ґрунтове ядро; 9 – перехідні зони; 10 – ґрунтовий екран; 11 – діафрагма;
 $H_{гр}$ – висота греблі; B – ширина греблі низом; b_n – ширина низом протифільтраційного пристрою; $b_{гр}$ – ширина гребеня греблі.

Рисунок 2 – Види насипних гребель

2. Правильно запроектована і побудована земляна гребля має бути стійкою при всіх умовах роботи; захищеною від руйнування фільтрації води; від дії вітрових хвиль; максимально економічною.

Верховий укіс, який знаходиться під дією хвиль, насичений водою на

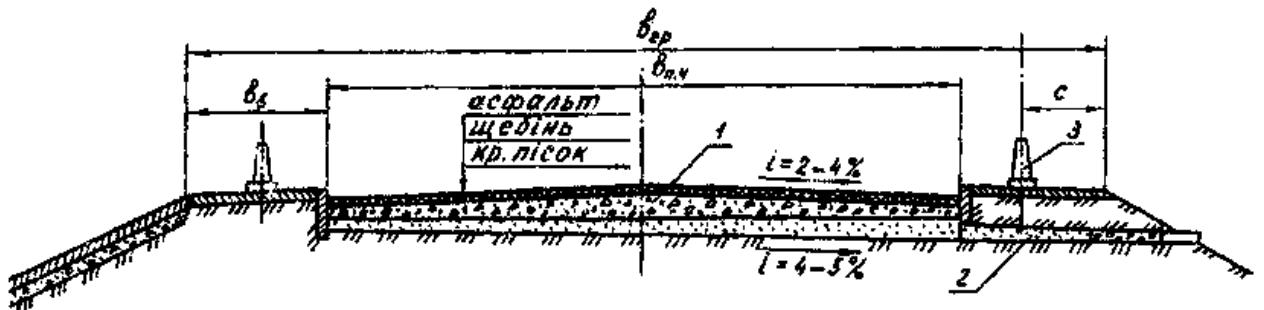
всю висоту, виконується пологішим, низовий – крутішим. Переломи укосів по висоті назначаються через 8...10 м, приймаючи збільшення закладання на 0,5 для верхових укосів і на 0,25 – для низових (рис. 1.2.3). В місцях зміни закладання укосів часто створюються горизонтальні площадки – берми, які розташовуються через 8...10 м по висоті, починаючи з гребеня греблі.



а) постійне; б) змінне.

Рисунок 3 – Закладання укосів греблі

Ширина греблі визначається з урахуванням умов виконання робіт і експлуатації. Якщо передбачається проїзд по гребеню, то він проектується як дорога по насипному ґрунту. Для забезпечення стоку атмосферної води проектується поперечний ухил в обидві сторони від вісі гребеня (рис. 1.2.4).



1 – покриття гребеня; 2 – дренажна труба із зворотним фільтром;
3 – надобвні

Рисунок 4 – Гребінь греблі

Перевищення гребеня греблі над розрахунковим рівнем води у водосховищі визначається за формулою:

$$h_s = \Delta h_{set} + h_{run1\%} + a, \quad (1.2.1)$$

де h_{set} – висота вітрового нагону води;

$h_{run1\%}$ – висота накочування вітрової хвилі;

a – запас висоти.

Значення Δh_{set} визначається за формулою:

$$\Delta h_{set} = K_w \frac{V_w^2 \cdot L}{g(d + 0.5\Delta h_{set})} \cos \alpha_w \quad (1.2.2)$$

де K_w – коефіцієнт, який приймається в залежності від швидкості вітру;

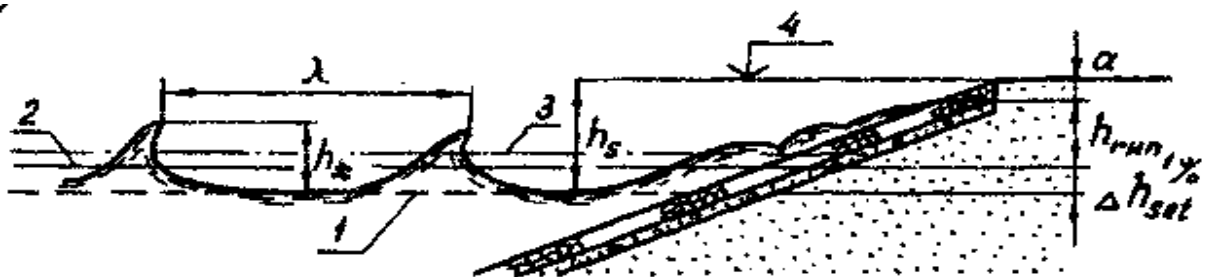
V_w – розрахункова швидкість вітру;

L – довжина розгону вітрової хвилі;

d – глибина води перед греблею;

g – прискорення сили тяжіння;

α_w – кут між поздовжньою віссю водойми і напрямком пануючих вітрів.

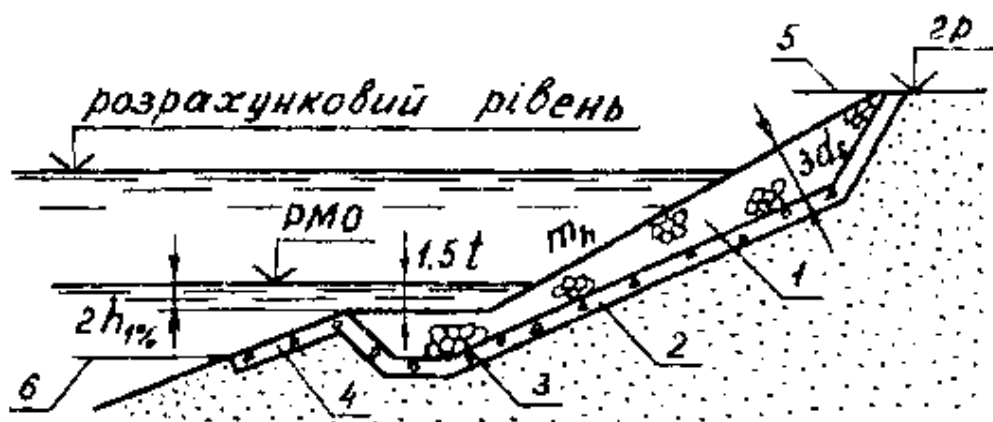


1 – розрахунковий статичний рівень; 2 – рівень води при вітровому нагоні; 3 – середня хвильова лінія; 4 – відмітка гребеня.

Рисунок 5 – Схема для визначення відмітки гребеня греблі без парапету

Кріплення укосів. Спеціальні кріплення укосів служать для захисту від дії льоду, хвиль, течій, зміни рівнів води, кліматичних умов, проникнення землерийних тварин. Для захисту верхового укосу застосовуються такі види кріплень [3]:

1) Кам'яні (накидні) – виконуються у вигляді кам'яного накиду переважно з невідсортованого каменю, що пов'язано із значними труднощами сортування кам'яного матеріалу. Розташовується кріплення на підготовці у вигляді зворотного фільтра, товщина окремого шару якого повинна бути не менше 15 см. На Каховському водосховищі загальна товщина зворотного фільтра 60 см.



1 – кам'яний накид; 2 – зворотний фільтр; 3 – кам'яний упор на бермі;
4 – полегшене кріплення; 5 – верхня межа кріплення; 6 – нижня межа.

Рисунок 6 – Конструкція кріплення укосу греблі каменем

- 2) Бетонні і залізобетонні кріплення – виконуються у вигляді плит, які монолітяться на місці, або збірних залізобетонних плит. Монолітні плити товщиною від 15 до 50 см мають прямокутну форму в плані з співвідношенням сторін $1 \leq l_{SL} / b_{SL} \leq 2$, де l_{SL} – більша сторона плити, b_{SL} – менша сторона. Розмір b_{SL} вибирається 0.4λ , де λ – довжина хвилі, але b_{SL} не більше 20 м.
- 3) Асфальтобетонне кріплення – ще не набуло широкого розповсюдження, виконується з асфальту, асфальтобетону, асфальтополімербетону 6...8 см із металевою сіткою.
- 4) Грунтоцементні кріплення – з піщаногравійного ґрунту з добавками цементу (7-14%) і води. Суміш готується в змішувальних установках, укладається шарами товщиною 15...20 см і ущільнюється катками.

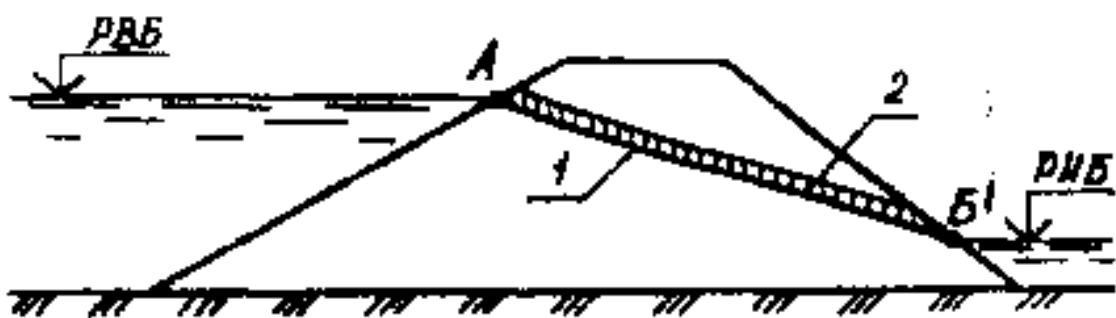
Грунтобітумні укріплення – виготовляються з піску і бітуму (18-23% за масою) в спеціальній установках і викладаються на укiс при температурi сумiшi 185...200°C. Основною перевагою такого укрiплення є незначнi затрати працi на його влаштування.

Крiплення низового укусу – вибирається в залежностi вiд матерiалу, з якого споруджена низова призма греблi. Простi i дешевi крiплення – дернування i залуження. При глинистих i пiсчаних ґрунтах для прискорення росту трав на поверхню укусу насипається шар рослинного ґрунту товщиною 10...12 см. В першiй рiк експлуатацiї деформацiю укусу можна попередити шляхом його залуження в дернових клiтках. Залуження i дернове крiплення застосовуються тiльки в умовах, сприятливих для росту трав та при забезпеченнi перiодичного поливу. В районах з сухим клiматом та сильними вiтрами низовi укони покривають ущiльненим шаром щебеню товщиною 20...30 см.

3. Гребля створює напiр H , пiд дiєю якого виникає рух фiльтрацiйного потоку з верхнього в нижнiй б'єф через тiло греблi. Цей рух є безнапiрним, тому що зверху вiн обмежується вiльною поверхнею, на якiй у всiх точках тиск дорiвнює атмосферному.

Поверхня депресiї – це вiльна поверхня фiльтрацiйного потоку, а лiнiя перетину цiєї поверхнi з вертикальною площиною – депресiйною кривою (на рис.1.2.7 крива АБ).

ґрунт, який знаходиться нижче поверхнi депресiї, насичений водою; а вище неї знаходиться зона капiлярного пiдняття води.



1 – крива депресії; 2 – капілярна зона.

Рисунок 7 – Схема фільтрації води через земляну греблю

Більш 50% аварій виникають як наслідок фiльтрацiйних деформацiй в тiлi греблi. Тому при проектуваннi ґрунтових гребель треба виконувати фiльтрацiйний розрахунок, в процесi якого визначаються:

- положення депресiйної поверхнi фiльтрацiйного потоку;

- напори у відповідних частинах греблі;
- фільтраційні витрати.

3. Всі методи розрахунків фільтрації можна поділити на експериментальні, гідромеханічні і гідравлічні.

З експериментальних найбільшого розповсюдження набув метод електрогідродинамічних аналогій (ЕГДА), який виконується при складних геологічних умовах.

Гідромеханічні методи розрахунків базуються на розв'язанні рівняння Лапласа, дають можливість визначення параметрів потоку в довільно вибраній точці досить точно. Але розв'язки досить складні, тому широко не застосовуються.

Гідравлічні методи є найбільш поширеними. В них розглядається ustalений фільтраційний потік в умовах плоскої задачі. Розрахунки дозволяють визначити положення кривої депресії, вирахувати фільтраційну витрату, середні значення градієнтів і швидкостей фільтраційного потоку. Проектний профіль греблі зводиться до розрахункової схеми, в якій виключаються всі незначні деталі і не враховуються втрати напору в крупнозернистих привантаженнях, що укладені зверху малопроникних елементів. Гідравлічний розрахунок фільтрації розроблявся проф. М.М.Павловським [4]. Згідно з цим розрахунком, поперечний профіль греблі розбивається на 3 частини: верховий клин, середню частину і низовий клин.

Профіль тіла греблі перевіряється розрахунком на фільтраційну міцність. Вона вважається забезпеченою при виконанні умови:

$$J_{est,m} < \frac{1}{\gamma} J_{cr,m} , \quad (1.2.3)$$

де $J_{est,m}$ – діючий середній градієнт напору;

$J_{cr,m}$ - критичний градієнт;

γ - коефіцієнт надійності.

Значення $J_{est,m}$ визначається за методом Р.Р. Чугаєва [5]. Згідно цього методу вся область фільтрації умовно поділяється на дві частини: основу і тіло греблі (рис. 1.2.8).

Для основи глибина водоупору визначається розміром T_p . Вважається, що:

$$T_p = T, \quad (1.2.4)$$

$$T_p = T_{\text{акт}}, \quad (1.2.5)$$

де T – дійсне заглиблення водоупору;

$T_{\text{акт}}$ - глибина активної зони, $T_{\text{акт}}=0,5L_1$,

де L_1 - ширина греблі в основі:

Тоді

$$J_{\text{est},m} = \frac{H}{L_1 + 0.88 \cdot T_p} \quad (1.2.6)$$

Для однорідного тіла греблі середній градієнт напору визначається за схемою (рис.1.2.8).

$$J_{\text{est},m} = H / L. \quad (1.2.7)$$

Отримані коефіцієнти $J_{\text{est},m}$ співставляються з критичними значеннями $J_{\text{cr},m}$.

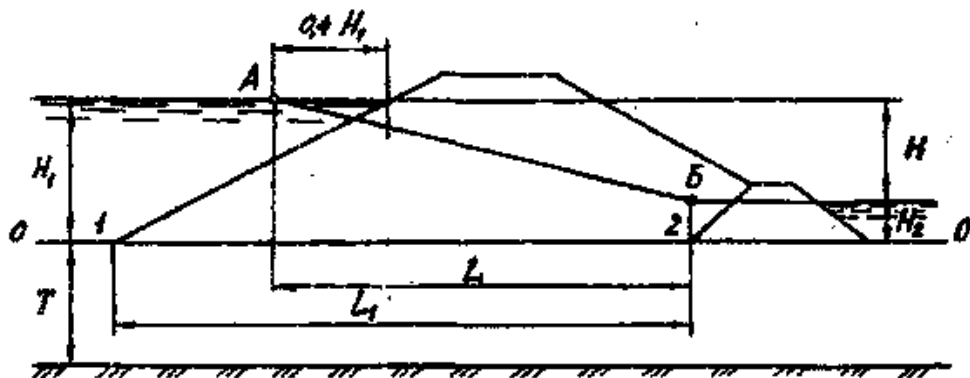


Рисунок 8 – Схема до розрахунку фільтраційної міцності земляної греблі

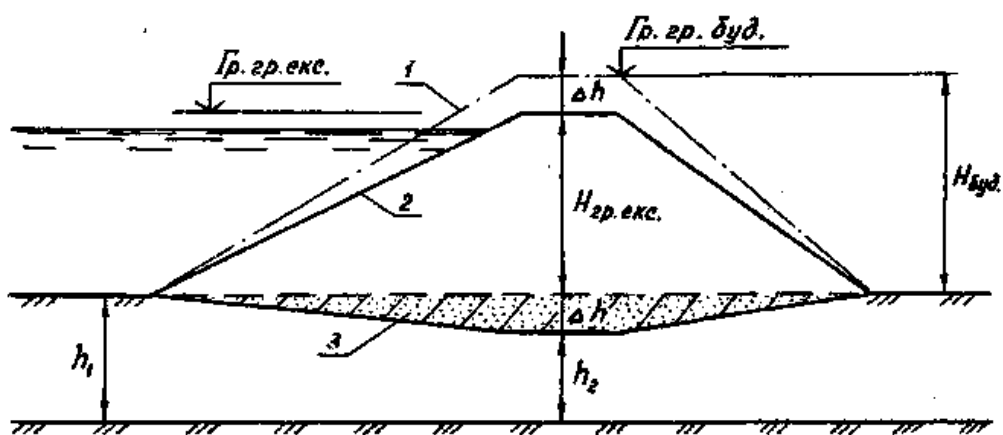
Значення і тривалість осідання греблі треба враховувати при спорудженні ґрунтових гребель [3]. Осідання в греблях складаються із осідання тіла греблі і осідання основи, розрахункові залежності для визначення осідання обох частин однакові.

Повне осідання можна визначити як різницю початкової h_1 і кінцевої h_2 висоти шару ґрунту, який стискується

$$\Delta h = h_1 - h_2 \quad (1.2.8)$$

$$\Delta h = h_1 \cdot \frac{l_1 - l_2}{1 + l_1}$$

де l_1, l_2 – коефіцієнти пористості ґрунту основи до і після осідання.



1 – будівельний; 2 – експлуатаційний; 3 – ґрунтові основи, що ущільнюється.

Рисунок 9 – Контури греблі

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. В чому полягають переваги улаштування ґрунтових гребель?
2. За якими ознаками класифікують земляні греблі?
3. Які вимоги ставлять до улаштування земляних гребель?
4. Як виконується закладання укосів греблі?
5. Як укріплюються укоси земляних гребель?
6. Які параметри визначаються фільтраційні розрахунки?
7. Як перевіряється фільтраційна міцність ґрунтових гребель?
8. Як враховується можливість осідання ґрунтових гребель при їх спорудженні?