

Лекція 16. Відстійники. Експлуатація та ремонт ГТС

Мета лекції: ознайомлення з видами відстійників, усвідомлення особливостей роботи відстійників з періодичним та безперервним промивом наносів, засвоєння принципів експлуатації гідротехнічних споруд, розуміння порядку проведення ремонтно-відновлювальних робіт.

План

1. Призначення та класифікація відстійників.
2. Відстійники з періодичним промивом наносів.
3. Відстійники з безперервним промивом наносів.
4. Експлуатація ГТС.
5. Ремонтно-відновлювальні роботи.

1. Призначення відстійників при використанні водної енергії – збереження гідротурбін дериваційних гідроелектростанцій від стирання наносами крупних фракцій, в зрошувальних системах для запобігання замуленню магістральних і розподільних каналів.

При нормальній експлуатації відстійників повинно бути забезпечено:

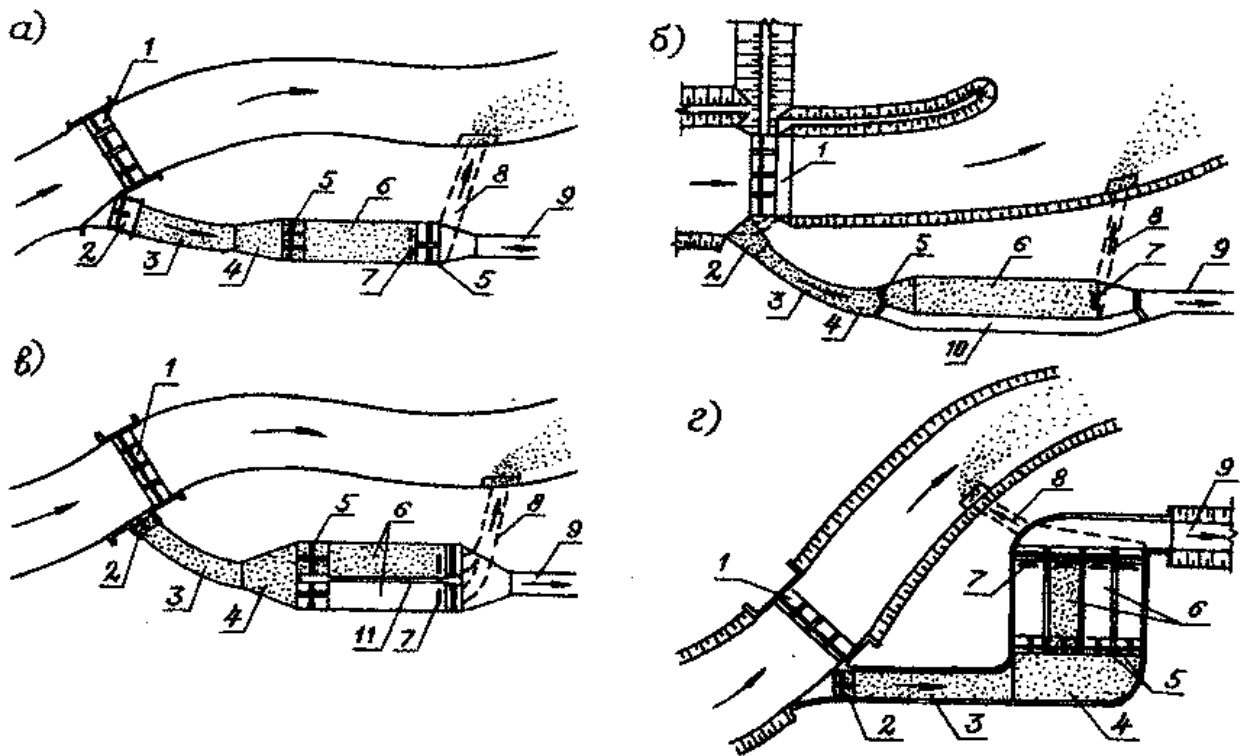
- осідання в камерах фракцій наносів;
- регулярне видалення наносів;
- відстоювання і скидання в нижній б'єф шуги;
- надходження води в канал з допустимими швидкостями і в кількості згідно із графіком роботи системи.

Відстійники поділяють :

- 1) за місцем розташування – на розташовані на трасі каналу та суміщені з водоприймачем;
- 2) в залежності від призначення системи – на відстійники ГЕС, зрошувальних систем і водопостачання;
- 3) за способом видалення наносів – на відстійники з безперервним гідравлічним промивом, періодичним промивом, механічною очисткою і комбіновані;
- 4) за числом камер – однокамерні, двокамерні і багатоканальні.

2. На рис.1.7.1 показані схеми відстійників з періодичним промивом.

Однокамерні відстійники (рис. 1.7.1 а) застосовуються для ГЕС в тих випадках, коли за ними вдається створити резервуар необхідної ємності, який дозволяє регулювати подачу води на ГЕС згідно графіка споживання. Головний регулятор і підвідний канал такого відстійника в період промиву розраховуються на пропуск найбільшої робочої витрати – $Q_{роб}$.



а – однокамерний; б – однокамерний з обвідним каналом; в – двокамерний;
 г – багатокамерний: 1 – гребля; 2 – головна споруда; 3 – підвідний канал;
 4 – аванкамера; 5 – затвори; 6 – камера; 7 – затвора промивної галереї;
 8 – промивний колектор; 9 – магістральний канал; 10 – обвідний канал;
 11 – роздільна стінка.

Рисунок 1.7.1 – Схеми відстійників

Однокамерний відстійник з обвідним каналом (рис. 1.7.1 б) під час промиву або ремонту камери пропускає неосвітлену воду по промивному каналу. Головний регулятор і підвідний канал розраховуються на суму промивної $Q_{\text{пр}}$ і найбільшої робочої витрати $Q_{\text{роб}}$, тобто:

$$Q_{\text{під}} = Q_{\text{пр}} + Q_{\text{роб}} , \quad (1.7.1)$$

де $Q_{\text{під}}$ – витрата, що проходить по підвідному каналу.

Однокамерні відстійники застосовують при витратах до $10 \text{ м}^3/\text{с}$.

Двокамерний відстійник (рис. 1.7.1 в) дозволяє безперервно подавати освітлену воду в систему.

Такий відстійник можна розрахувати за двома варіантами:

- 1) кожна камера розраховується на пропуск повної розрахункової витрати по магістральному каналу;
- 2) кожна камера розраховується на пропуск половинної витрати.

При другому варіанті розрахунку для зменшення надходження наносів

промив рекомендується проводити під час подачі пониженої витрати, тобто

$$Q_{\text{під}} = Q_{\text{пр}} + Q_{\text{роб}} \approx (1,5 \div 2,0) Q_{\text{роб}} . \quad (1.7.2)$$

Багатокамерний відстійник (рис. 7.1 г) застосовується при великих витратах, коли збільшення розмірів одно- або двокамерного відстійника викликає значне збільшення тривалості і промиву та супроводжується підвищенням надходження наносів. Кожна камера розраховується на пропуск витрати:

$$Q_{\text{кам}} = Q_{\text{роб}} / N , \quad (1.7.3)$$

де N – число камер.

Камери промивають по черзі, при промивці однієї інші працюють з перевантаженням в $N/(N-1)$ разів.

Згідно ТУ і НП [15] середня швидкість руху води V призначається $0,2 \dots 0,4$ м/с при осіданні часточок $0,2 \dots 0,4$ мм.

Глибина H приймається $3 \dots 6$ м. Робоча ширина камери:

$$B_{\text{к}} = Q_{\text{к}} / H N , \quad (1.7.4)$$

де $Q_{\text{к}}$ – розрахункова витрата води в камері.

Робоча довжина камери :

$$L_{\text{р}} = I_{\text{від}} \cdot K , \quad (1.7.5)$$

де $I_{\text{від}}$ – довжина відльоту розрахункової фракції наносів.

K – коефіцієнт резервного об'єму, $K=1,2 \div 1,5$.

Дальність відльоту розраховується як

$$I_{\text{відл}} = H V / \omega_{\text{р}} , \quad (1.7.6)$$

де $\omega_{\text{р}}$ – гідравлічна крупність розрахункової фракції.

Найбільш економічною прийнятною швидкістю при промиві є така швидкість, яка забезпечує транспортуючу спроможність потоку у $80 \dots 140$ кг/м³, $V_{\text{пр}}=2 \dots 2,5$ м/с.

Уклон дна відстійника:

$$i = V_{\text{пр}}^2 / C^2 R , \quad (1.7.7)$$

де C – коефіцієнт Шезі;

R - гідравлічний радіус.

Величину промивної швидкості для відстійників ГЕС, в яких затримують крупні і середні завислі наноси, рекомендується визначати за емпіричною залежністю:

$$V_{\text{пр}} = \omega (h_p / d)^{0,5} \cdot p^{0,25}, \quad (1.7.8)$$

де d – діаметр частинок наносів;

ω - гідравлічна крупність наносів;

h_p - середня глибина води;

p - вміст у промивному потоці наносів у відсотках (2-8%, що відповідає витраті від 75 до 20 м³ на видалення 1 м³ наносів).

Тривалість промиву

$$t_{\text{пр}} = 100 \cdot \rho_n \cdot W_n / \rho \cdot q_{\text{пр}} \cdot B_k, \quad (1.7.9)$$

де W_n – об'єм наносів, що відклалися в камері, м³;

ρ_n - густина наносів, кг/м³;

B_k - ширина камери, м.

Товщина шару наносних відкладень для кожної з груп фракцій наносів, діаметр яких більший за розрахунковий, визначається за залежністю [16]:

$$\delta = \frac{\mu \cdot Q_{\hat{e}} \cdot \Delta \hat{O} \cdot 60 \cdot 60}{1000 \cdot \hat{A}_{\hat{e}} \cdot \hat{a}}, \quad \text{і} \quad (1.7.10)$$

де μ – об'ємна мутність, л/м³;

ΔT – інтервал часу, з плином якого вважається, що глибина води у відстійнику не змінюється, $\Delta T=2...4$ год.

Шар наносів, діаметр яких менший за розрахунковий, можна визначити за залежністю [16]:

$$\delta_1 = \frac{\mu \cdot Q_{\hat{e}} \cdot \Delta \hat{O} \cdot 60 \cdot 60 \cdot h_1}{1000 \cdot \hat{A}_{\hat{e}} \cdot L_p \cdot H_1}, \quad (1.7.11)$$

де h_1 – глибина на початку відстійника, з якої ще можливе осідання наносів, м;

H_1 – глибина води на початку відстійника, м.

Довжина відльоту кожної з груп фракцій [16]:

$$l = \frac{q}{\omega - \frac{H_2 - H_1}{2 \cdot L_p \cdot H_1} \cdot q}, \quad (1.7.12)$$

де q – питома витрата води для камери;

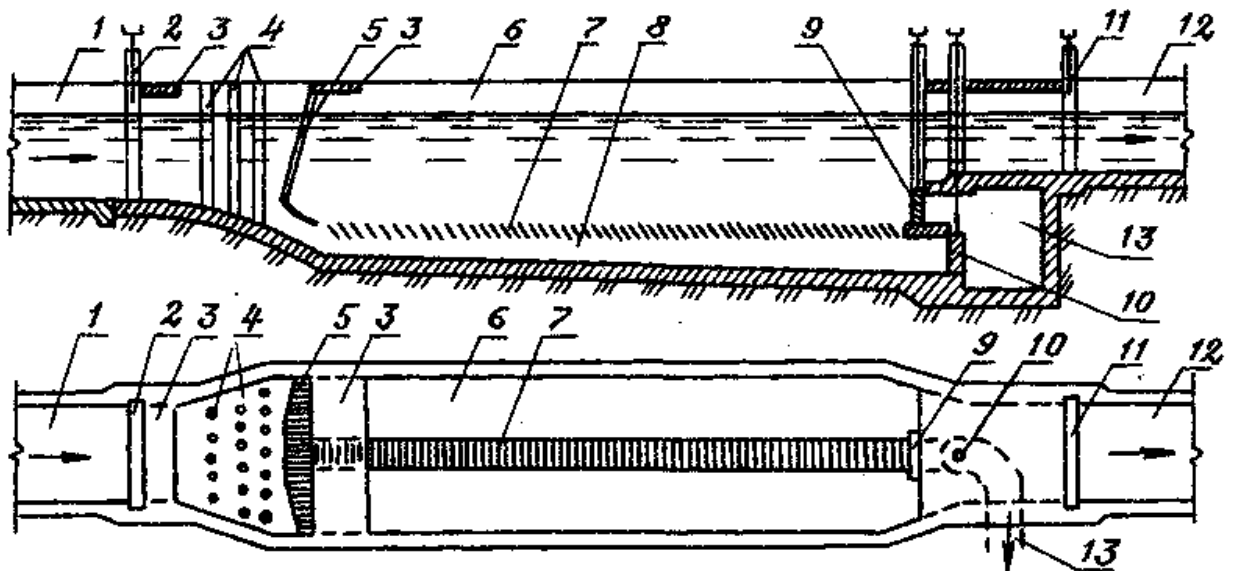
ω - гідравлічна крупність даної фракції наносів.

3. Можна виділити декілька особливостей відстійників з безперервним промивом:

- 1) камери відстійників влаштовують без резервного об'єму для акумуляції наносів;
- 2) в період надходження малої кількості наносів ці споруди можна використати як відстійники з періодичним промивом;
- 3) рівні води в камерах залишаються постійними, промив відбувається в умовах напірного потоку, в зв'язку з цим потрібна значно менша різниця рівнів верхнього та нижнього б'єфів;
- 4) швидкість падіння часточок в камерах значно більша гідравлічної крупності, тому робоча довжина відстійника значно скорочується.

Розглянемо декілька конструкцій таких відстійників.

На рис. 1.7.2 приведена схема відстійника системи Дюфура.



- 1 – підвідний канал; 2 – верховий затвор; 3 – службовий місток; 4 – решітка для вирівнювання швидкостей; 5 – решітка для затримки сміття; 6 – камера відстійника; 7 – решітка донного лотка; 8 – донний лотік; 9 – затвор камери; 10 – затвор донного лотка; 11 – вихідний затвор; 12 – магістральний канал; 13 – збірна галерея.

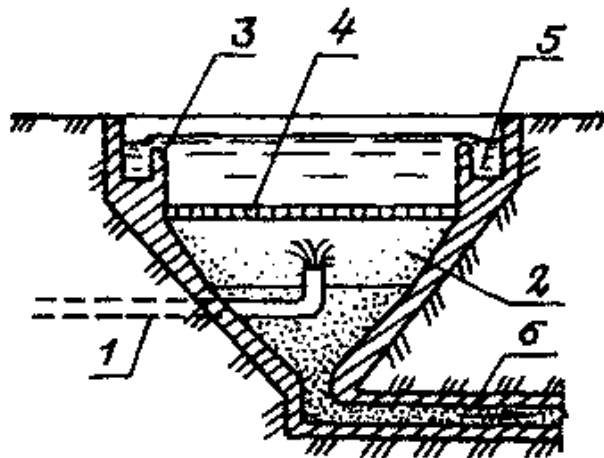
Рисунок 1.7.2 – Відстійник системи Дюфура

В поздовжній донний лотік спрямовується придонна частина потоку з більш крупними фракціями наносів. У відстійну камеру направляється верхня основна частина потоку з більш дрібними фракціями наносів. Горизонтальна решітка зі спицями розділяє камеру відстійника і донний збірнопромивний лотік. Нижній донний отвір служить для промиву наносів, які надходять через отвори решітки, верхній – для періодичної очистки решітки.

У відстійнику з ребристим дном і поздовжніми пульпопроводами системи проф. Є.О. Замаріна [16] наноси, що випадають, направляються схилами ребристого дна вниз і надходять в пульпопроводи.

Круглі в плані відстійники представляють собою споруди з вертикальними або нахиленими бортовими стінками, бувають двох типів:

А) При малих витратах і достатній для промиву різниці рівнів застосовують конічні відстійники діаметром до 10 м і глибиною до 4,5 м (рис.1.7.3).



1 – підвідна труба; 2 – камера; 3 – кільцевий водозлив; 4 – груба решітка;
5 – збірний лотік; 6 – промивний пульпопровід.

Рисунок 1.7.3 – Конічний відстійник

Б) При великих витратах і недостатній різниці рівнів води в б'єфах бувають відстійники меншої глибини: їх діаметр до 100 м, глибина біля борту 2,0...2,5 м. Уклон дна відстійника складає 0,05...0,15. Для покращення скочування наносів влаштовують легкі ферми з похилими скребками, які

повільно обертаються.

Вихідними величинами для розрахунку відстійників з безперервним промивом є:

Q_p - робоча витрата;

ρ_0 - вагова мутність води;

p_1, p_2, p_3 - процентний вміст наносів по фракціям;

ρ_1, ρ_2, ρ_3 - вагова мутність по фракціях;

d_{\min}, v_{\min} - діаметр і гідравлічна крупність мінімальної фракції, що осідає;

Z - різниця рівнів води в каналі і в річках.

Основою вихідних даних приймається:

а) глибина камери $H=3...5$ м;

б) промивна витрата $Q_{пр}=(0,1\div0,2) Q_p$;

в) середня швидкість течії в камері $V=0,2\div0,5$ м/с;

г) ширина донної галереї $b_r=0,5\div1,0$ м;

д) висота ребер дна $h_p=1\div2$ м і нахил їх до горизонту $K=45^\circ$.

Ширина секції камери буде

$$B_{сек} = b_r + 2 h_p \quad (1.7.13)$$

Площа живого перерізу секції буде

$$S_{сек} = H B_{сек} \cdot h_p^2 \quad (1.7.14)$$

Необхідне число секцій визначається за формулою

$$N_{сек} = (Q_p + 0.5Q_{пр}) / V S_{сек} \quad (1.7.15)$$

Загальна ширина відстійника буде

$$B_p = B_{сек} \cdot N_{сек} \quad (1.7.16)$$

Середня глибина відстійника визначається за залежністю

$$H_{сер} = S_{сек} \cdot N_{сек} / B_p = S_{сек} / B_p \quad (1.7.17)$$

Робоча довжина відстійника визначається

$$L_p = L = \frac{H}{\omega_{\min} + H_a} \cdot \frac{V_1 + V_2}{2} = \frac{H}{\omega_{\min} + U_a} \cdot \bar{V}, \quad (7.18)$$

де V_1 і V_2 – середня швидкість руху води на початку і в кінці камери;

U_B – середня вертикальна швидкість.

$$L_p = \bar{V} = \frac{Q_p + (0.4 \div 0.45) \cdot Q_{i\delta}}{S_k} \quad (1.7.19)$$

4. Експлуатація водопропускних споруд та механічного обладнання

Протягом всього терміну експлуатації водопропускних споруд нижній б'єф обстежується не менше одного разу в рік після пропуску повені [17]. При цьому обов'язково виконують зйомку рельєфа ями розмиву. Після замірів глибин визначають абсолютні відмітки, викреслюють горизонталі ями розмиву, за якими роблять висновки про стан місцевих деформацій русла в нижньому б'єфі. Співставляючи отриману в горизонталях картину місцевого розмиву з деформаціями русла в попередні роки, визначають стан ями розмиву: розвиток процесу розмиву, згасання його чи, навпаки, замулення русла. Такі дані дозволяють визначити стан нижнього б'єфа і правильно планувати експлуатаційні заходи для захисту споруди від небезпечних підмивів і руйнування кріплення (закріплення русла, маневрування затворами тощо).

Протягом всього терміну експлуатації водоскидних споруд необхідно порівнювати фактичні рівні води в нижньому б'єфі з проектними. Зниження рівнів води в нижньому б'єфі внаслідок загального зниження дна відвідного русла може спричинити відгін гідравлічного стрибка і руйнування кріплення, тобто виникнення аварійної ситуації.

В експлуатаційних умовах необхідно пропускати витрату через споруду рівномірно по всьому фронту для того, щоб уникнути збійності потоку в нижньому б'єфі, що досягається за допомогою маневрування затворами. Щоб забезпечити рівномірне скидання води по фронту греблі в умовах наростання повені, затвори потрібно відкривати послідовно, рівномірно, сходинчасто, починаючи з середніх прогонів греблі, переміщаючись до берегів. Висоту кожної сходинки, підняття затвора, назначають в залежності від конкретних умов. При спаданні повені затвори закривають у зворотному порядку. Пропуск води через споруду повинен відповідати схемі маневрування затворами, що встановлена на основі лабораторних досліджень.

Умови експлуатації гідротехнічних споруд в значній мірі залежать від номенклатури і стану механічного обладнання, що служить для перекриття водопропускних отворів [18].

В процесі експлуатації металеві частини затворів іржавіють, піддаються корозії, стираються наносами і льодом, змащення у підшипниках вимивається, ущільнення та з'єднання металевих елементів розстроюються в результаті динамічних дій води (вібрації), льоду і плаваючих тіл, частини, які обертаються, засмічуються, що призводить до збільшення підйомних зусиль. Особливо ускладнена робота затворів при обмерзанні опорно-ходових частин і ущільнень. Для забезпечення безперебійної роботи затвори і їх механізми періодично оглядають, своєчасно усувають помічені дефекти, замінюють зношені частини, чистять камери, змащують деталі, які обертаються, не рідше одного разу в два роки, відновлюють фарбування частин, які знаходяться в умовах підвищеної вологості.

Експлуатація каналів та споруд на них

Під час експлуатації каналів особливу увагу звертають на режими їх наповнення і спорожнення [18].

При наповненні каналу потрібно створити такий режим, щоб не виникало його руйнування (розмиви dna, осадки dna, укосів та дамб). На початку експлуатації каналу потрібен посилений режим спостережень за фільтрацією з нього, роботою дренажних систем, а також гідротехнічних споруд на каналі.

При спорожненні каналу, що розрахований на рівномірний рух в звичайних експлуатаційних умовах, також можливий розмив dna і укосів. Не можна допускати різкого зниження рівня води в каналі, що може призвести до руйнування укосів внаслідок утворення гідродинамічного тиску на ґрунт. Недопустимим також є різке збільшення чи зменшення пропускної спроможності регулятора через появу зростаючих чи спадаючих хвиль, які можуть призвести до руйнування дамб обвалування. Оптимальним режимом експлуатації каналу є плавне його наповнення чи спорожнення з режимами, що близькі до рівномірного.

Для спостереження за фільтрацією з каналів і просадками ґрунту в кожному характерному створі влаштовують 3-5 п'єзометрів і встановлюють марки. При виявленні значної фільтрації, особливо в пусковий період, потрібно проводити місцеве ущільнення ґрунту.

При заростанні каналу зменшується його пропускна спроможність, але незначне заростання каналів допустиме, оскільки коренева система

рослинності захищає укоси від руйнування, рослинність очищає воду від нафтопродуктів, бактеріального забруднення, не допускає її цвітіння тощо.

Експлуатація регуляційних споруд

Експлуатація регуляційних споруд полягає у своєчасному проведенні робіт та заходів по підтримці їх в робочому стані і включає: 1) викошування укосів берегів річок і дамб; 2) очистку від сміття, корчів, дерев та інших предметів отворів мостів, труб-переїздів, русел та заплав річок; 3) підготовку регуляційних споруд до пропуску льоду, весняних, літньо-осінніх і зимових повеней; 4) підтримку споруд в робочому стані; 5) ліквідацію дрібних пошкоджень споруд.

Основними ознаками нормальної експлуатації регуляційних споруд є: 1) русла річок та їх заплави вільні від надмірного відкладення наносів та зайвої рослинності, які перешкоджають течії води і створюють підпори; укоси берегів захищені рослинністю або відповідними кріпленнями від розмиву під час повені; 2) всі споруди знаходяться в справному стані (споруди не мають щілин, не деформовані, дамби не пошкоджені землерийними тваринами і закріплені тощо); 3) вздовж русел водотоків є водоохоронна смуга, влаштовані переїзди, містки; 4) відвали ґрунту, що утворилися при очистках та ремонтах, повинні бути розрівняні.

5. Ремонт ґрунтових споруд

В процесі експлуатації ґрунтових водопідпірних споруд виникає необхідність досипання гребеня і тіла греблі до проектних відміток, суглинку на верховий укіс з метою його кольматажу, засипки поперечних та поздовжніх тріщин і порожнин, ремонту кріплення укосів, дернування, посіву трав тощо. Ці роботи на низьконапірних греблях переважно виконують протягом календарного року, тому що вони відносяться до поточного ремонту.

Кам'яне кріплення верхового укусу ремонтують як насухо, так і з плавучих засобів. Товщину відсипки приймають не меншою ніж з 2,5-3,0 шарів розрахункового діаметра каменю. Для ремонту верхового укусу використовують асфальтобетон чи армовані асфальтові тюфяки. Деформаційні шви тонких бетонних облицювань ремонтують різними способами в залежності від характеру пошкоджень. Порожнини, що

утворились під бетонними плитами, заповнюються піщано-гравійною сумішшю.

В процесі експлуатації ґрунтових гідротехнічних споруд можуть з'являтися ключі (джерела) біля підшви низового укосу чи в берегових примиканнях, що викликані високими градієнтами напору фільтраційного потоку. Інтенсивне виклинювання в берегах, які складені з м'яких ґрунтів, призводить до виникнення зсувів берегових примикань та заболочення території нижче греблі.

Ремонт бетонних гідротехнічних споруд

Руйнування бетонних гідротехнічних споруд виникає в результаті фізико-хімічної, фізико-механічної корозії, кавітації, місцевих деформацій, стирання наносами і крупногабаритними предметами, ударів тощо. Зазвичай пошкодження являють собою раковини, вибоїни, сколи, тріщини, ерозійні впадини.

Роботи з усунення місцевих пошкоджень поділяють на чотири цикли: підготовку бетонної поверхні до ремонту, приготування бетонної суміші, бетонування та догляд за бетоном.

При неглибоких пошкодженнях поверхні бетону для її відновлення часто застосовують торкретування. Поверхні, які зруйновані кавітацією чи механічною дією наносів, іноді ремонтують за допомогою пластобетону, який є різновидністю спеціального бетону, де замість цементу використовується синтетична смола у вигляді фурфурольно-ацетонового мономера.

Кавітаційні пошкодження бетону частіше ремонтують епоксидними смолами; епоксидно-каучуковими матеріалами, полімербетонами, полімеррозчинами, полімерними клеями тощо.

Усунення фільтрації через шпонки здійснюється шляхом розігрівання в них асфальтового матеріалу електричним струмом. При порушенні деформаційного чи деформаційно-осадочного шва виникає підвищена фільтрація через його ущільнення. А тому шви необхідно своєчасно ремонтувати шляхом ін'єкцій герметизуючих матеріалів в шов чи герметизацією швів оклеюючими матеріалами. В деяких випадках застосовують комбінований спосіб.

При розробці проекту ремонтних робіт звертають особливу увагу на можливість пропуску витрат води в період ремонту через інші водопропускні

споруди (ГЕС, водовипуски, судноплавні шлюзи тощо) або через спеціальні тимчасові споруди у вигляді водоводів, обвідних каналів тощо. Способи і період проведення ремонтних робіт визначаються конкретними умовами і можливостями. Елементи, споруд, які постійно знаходяться під водою, ремонтують такими способами: підводним бетонуванням з плаваючих засобів; втрамбуванням бетону; укладанням бетону за допомогою бадь; відсипкою сортованого каменю чи гірничої маси; укладкою будівельних конструкцій бетону чи каменю під прикриттям перемичок з водовідливом; ін'єкціями; комбінованим способом.

Ремонт регуляційних споруд

В задачу ремонту регуляційних споруд входить ліквідація всіх пошкоджень, що виникають в період експлуатації. Ремонти поділяються на поточний, капітальний і аварійний в залежності від характеру і об'ємів робіт.

Призначенням поточного ремонту є виправлення деформацій схилів, берегів русел, споруд, які викликані природними чинниками, а також порушенням умов експлуатації регуляційних споруд. Поточний і капітальний ремонти проводяться в плановому порядку. Поточний ремонт виконується щорічно для усунення дрібних пошкоджень споруд при їх зношеності до 20% в осінньо-зимово-весняний період із закінченням робіт до початку повені.

Капітальний ремонт виконується періодично, коли дефекти та пошкодження значні і виникає загроза для нормальної роботи споруд із зношеністю 20-50%. Строки і об'єм капітального ремонту залежать від природних особливостей водотоку, виду будівельних матеріалів, конструкції споруд. Для дамб він виконується один раз в 10... 15 років.

Аварійний ремонт включає розчистку русел, відновлення регуляційних та інших споруд, зруйнованих в результаті повені або інших стихійних явищ, порушення правил техніки експлуатації, а також неякісних проектних і будівельних робіт.

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Які процеси забезпечуються при нормальній експлуатації відстійників?
2. Як класифікують відстійники?
3. Переваги та недоліки однокамерних і багатокамерних відстійників.
4. Які особливості відстійників з безперервним промивом вам відомі?
5. Які конструктивні особливості мають відстійник системи Дюфура та відстійник системи проф. Є.О. Замаріна?

6. Які параметри визначаються під час розрахунку відстійників з безперервним промивом?
7. Які задачі вирішує служба експлуатації ГТС?
 1. Які явища можуть бути зафіксовані при візуальному контролю за роботою ГТС?
 2. Які геодезичні прилади застосовують для інструментальних спостережень за переміщенням конструкції ГТС?

