

## Лекція. Видалення домішок з води фільтруванням

1. Основи процесу фільтрування води через зернисті матеріали. Класифікація фільтрів.
2. Швидкі, відкриті та напірні фільтри, їх конструкція та розрахунки. Фільтруючі матеріали.
3. Повільні, наливні фільтри.

### Основні поняття

Повне та часткове видалення із води завислих речовин фільтруванням відбувається в відкритих або напірних фільтрах, які складаються із корпусу, фільтруючого шару, дренажної або розподільчої системи, системи подачі на фільтр освітлюємої води і відводу промивної води. Дренажна система звичайно служить також для розподілення по площі фільтра промивної води. Інтенсивність процесу фільтрування характеризується швидкістю фільтрування, яка складає собою частку від розділу витрати фільтруємої води на площу фільтруючого шару:

$$\frac{m^3 / год}{m^2} = m / год$$

Фільтрування води через фільтруючий шар відбувається під дією різниці тисків на вході в фільтр і на виході із нього. Різниця тисків для відкритого фільтра дорівнює різниці позначок поверхні води в фільтрі і п'єзометричного напору в трубопроводі, який відводе фільтрат.

Різниця напору води до і після фільтруючого шару називається втратою напору в фільтруючому шарі. Втрата напору в початковий момент роботи фільтра називається початковою втратою напору, яка дорівнює втраті напору при фільтруванні чистої, не забрудненої завислими речовинами води, через фільтруючий шар. Початкова втрата напору в фільтруючому шарі залежить від швидкості фільтрування води, її густини, розміру і форми пор фільтруючого шару, його висоти.

В процесі фільтрації фільтруючий шар забруднюється затриманими із освітлюємої води завислими речовинами і втрати напору збільшуються до деякої величини, яка характеризує опір гранично забрудненого фільтруючого шару.

При досягненні граничної втрати напору або погіршенню якості фільтрату фільтруючий шар треба очистити від затриманих ним забруднень

промивкою або іншим чином. По характеру фільтруючого шару фільтри розділяються на:

- 1) *зернисті*, в яких фільтруючий шар складається із зерен піску, дробленого кварцу, антрациту, мармуру, магнетиту і ін.;
- 2) *сітчасті*, в яких фільтруючим елементом є сітка з отворами достатньо малими, спроможними затримувати завислі речовини із води;
- 3) *тканинні*, в яких фільтруючим шаром являється тканина (сукно, капронова, скляна, льняна, бавовняна...);
- 4) *навивні*, в яких фільтручий шар "намивають" із фільтруючих дрібнодисперсних порошоків - діатоміт, азбестова крошка, деревинна мука, каркасом служить синтетична тканина, металева сітка...

Найбільшого застосування в комунальному і промисловому водопостачанні одержали зернисті фільтри. За швидкістю фільтрування їх поділяють на повільні (швидкість фільтрації менше 0,5 м/год), швидкі (2-15м/год) і зверхшвидкі (більше 25 м/год).

Швидкі фільтри можуть бути напірними і відкритими. Повільні фільтри виконують тільки відкритими, зверхшвидкі тільки закритими, напірними.

По крупності зерен фільтруючого шару зернисті фільтри розподіляють на дрібнозернисті (повільні фільтри) з розміром зерен менше 0,4 мм; середньозернисті (0,4-0,8 мм) і крупнозернисті (більше 0,8 мм).

В повільних фільтрах фільтруєма вода рухається через фільтруючий шар зверху вниз. В швидких фільтрах, як правило, зверху вниз. В контактних освітлювачах - знизу вверху.

Через деякий період часу від початку роботи фільтра втрати напору в фільтруючому шарі збільшаться настільки, що швидкість фільтрування стане нижче розрахункової і цим буде досягнуто час роботи фільтру до втрат граничного напору. Фільтр зупиняється на промивку чи чистку. Довготривалість роботи фільтру між промивками (включно з часом на промивку) називається терміном фільтроциклу. Він залежить від виду завислих речовин, від швидкості фільтрації, крупності і пористості фільтруючого завантаження. В швидких фільтрах промивку проводять знизу вверху з інтенсивністю достатньою для зваження фільтруючого завантаження в висхідному потоці промивної води з розширенням по об'єму на 50%.

## Фільтруючі матеріали для зернистих фільтрів

В якості фільтруючих матеріалів для зернистих фільтрів застосовують кварцовий, річний або кар'єрний пісок, дроблений кварц і антрацит, мармур, магнетит, керамзит, керамічну кришку.

Матеріали, застосовані в якості фільтруючих, не мусять стиратися або здрібнюватись в процесі експлуатації фільтрів, розчинятись в фільтруємій воді, а також мусять мати задану крупність зерен.

Перевірку стійкості фільтруючого матеріалу шляхом струшування на протязі 24 годин 100г. досліджуемого матеріалу в 150мл дистильованої води на апараті для струшування з числом гойдання платформи 100 в 1 хвилину. Досліджуемий матеріал розсіюють на ситах; 100 г. матеріалу, який пройшов сито з розміром отворів 1 мм і зостався па ситі розміром отворів 0,5 мм, загрузають в банку об'ємом 200 мл, заливають 150 мл. дистильованої води, закривають пробкою і струшують аналогічно сказаному вище. Потім воду зливають, фільтруючий матеріал висушують і знову розсіюють на ситах.

Вага матеріалу, який пройшов через сито з розміром отворів 0,25 мм, характеризує процент стирання матеріалу (мусить бути менше 2,5%), а зоставшогося на ситі з розміром отворів 0,25 мм характеризує процент здрібнюваності матеріалу (мусить бути менше 4%).

Крупність зерен фільтруючого матеріалу і його однорідність визначається ситовим аналізом, який дозволяє встановити слідуєчи показники:

- 1) 10%-ий діаметр ( $d_{10}$ ) фільтруючого матеріалу, тобто діаметр кулі, рівновеликої зерну фільтруючого матеріалу, дрібніше котрого в матеріалі мається 10% зерен по вазі;
- 2) 50%-ий діаметр ( $d_{50}$ ) тобто діаметр кулі, рівновеликої зерну фільтруючого матеріалу, дрібніше 50% зерен по вазі ( $d_{cp}$ );
- 3) коефіцієнт неоднорідності зерен фільтруючого матеріалу, який дорівнює співвідношенню 80%-ого діаметру фільтруючого матеріалу до 10%-ого діаметру.

Для завантаження фільтрів мусять застосовуватись добре промиті, однорідні піски з коефіцієнтом неоднорідності 1,75 - 2,0.

## Підтримуючі шари.

Підтримуючі шари розміщують між фільтруючим шаром і дренажем фільтра. Підтримуючі шари служать для покращення розподілу промивної води по площі фільтру і запобігають виносу фільтруючого матеріалу із фільтра разом з фільтратом.

Гравій або щебень, використані в якості підтримуючих шарів, мусять бути стійкими проти стирання і здрібнюваності, а також хімічно стійкими, не мати більше 10% часток вапна.

Підтримуючі шари мусять складатись із однорідних зерен.

В кожному шарі розмір самих великих зерен не мусить бути більше ніж в 2 рази самих дрібних зерен (наприклад . 2-4, 4-8, 8-16, 16-32). Розмір самих дрібних зерен підтримуючого шару, на який укладається фільтруючий шар, мусить бути в 2 рази більше, ніж розмір самих великих зерен фільтруючого шару. Товщина підтримуючого шару приймається в залежності від величини зерен :

Величина зерен, мм	Товщина, мм
16 – 8	100
8 – 4	100
4 – 2	50

Для запобігання зсуву підтримуючих гравійних шарів можна використовувать укладку зверху підтримуючих шарів плити із безпіщаного макропористого бетону.

Детально основи теорії освітлення води фільтруванням згідно праць Мінца наведені в [1, с.205-211; 3, с.123-126].

Розрахунок фільтрів зводиться до розрахунку потрібної площі фільтрації при назначенні товщини фільтруючого шару і діаметру його зерен. З врахуванням простоїв фільтрів під час промивка і витрат води на промивку площі фільтрів можуть бути визначені по формулі [4, с.32]:

$$F = \frac{Q}{T_{ст} \cdot v_n - n_{пр} \cdot q_{пр} - n_{пр} \cdot \tau_{пр} \cdot v_n},$$

де  $Q$  – корисна потужність станції, м<sup>3</sup>/доб;

$T_{cm}$  - термін роботи станції на добу, год;

$V_n$  - швидкість фільтрації при нормальному режимі, м/год;

$n_{np}$  - кількість промивок фільтрів;

$q_{np}$  - питомі витрати води на одну промивку, м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup>;

$\tau_{cm}$  - час простою фільтру при промивці.

Назначення товщини фільтруючого шару і підбір діаметру його зерен проводять звичайно по результатам досліджень Бейліса [1, с.252-255], а також по табл.21.

Тут же приводяться приклади схем фільтрів без арматури з автоматичною промивкою [1, с.263-264] і опис роботи намивних фільтрів [1, с.265-269].

