

ДО ЗМІНИ ГІДРАВЛІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗЕРНИСТОГО ЗАВАНТАЖЕННЯ ФІЛЬТРІВ В ПРОЦЕСІ ЇХ РОБОТИ

Вступ. В практиці очистки і підготовки води різного призначення одними з головних споруд є фільтри. В залежності від швидкості фільтрування розрізняють фільтри повільні і швидкі. Найбільше розповсюдження на практиці, в зв'язку з відносною простотою в експлуатації і ефективністю, знайшли швидкі фільтри. Оптимальна швидкість фільтрування при цьому приймається в межах 6 – 12 м/год. Якість очищення води на фільтрі залежить від багатьох факторів, в тому числі від виду забруднень, які необхідно видалити з води, і від типу фільтруючого завантаження. Фільтруючим матеріалом зазвичай служать різні насипні зернисті матеріали, в тому числі кварцовий пісок.

Мета і завдання. Метою дослідження є експериментальний аналіз основних гідравлічних характеристики роботи швидких фільтрів при очищенні питних вод в процесі їх експлуатації. Для досягнення мети вирішувались наступні задачі: досліджувалась зміна коефіцієнта фільтрації застосованого фільтруючого завантаження з часом та за висотою; визначався розподіл маси забруднень за висотою фільтра.

Результати досліджень. Для оцінки можливості і ефективності використання в якості завантаження кварцового піску, який застосовується у фільтрах на Дніпровській водопровідній очисній станції м. Києва, в лабораторії водопостачання Київського національного університету будівництва і архітектури було змонтовано спеціальну модельну установку фільтра, схема якої приведена на рис. 1. В якості модельних забруднень, які необхідно видалити фільтруванням з води, прийнято молоту спондилову глину.

Приготування експериментальної суспензії, що очищується на моделі, здійснюється в спеціальному змішувальному баку, після якого суспензія насосом подається у витратний бак і далі у фільтраційну колону.

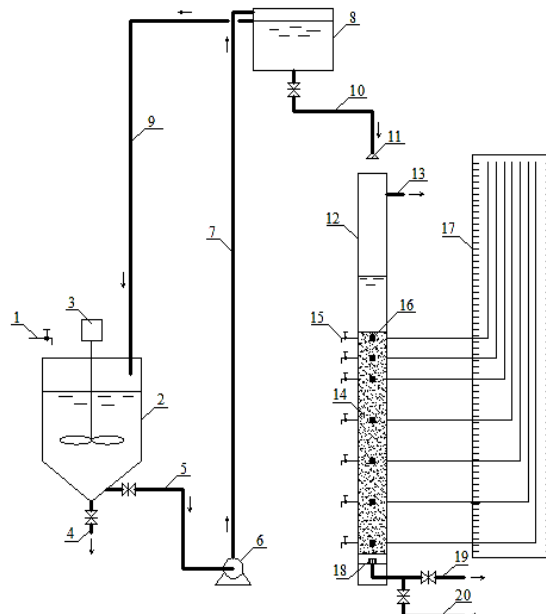


Рис. 1. Схема експериментальної установки:

- 1 – подача води з водопровідної мережі;
- 2 – бак для приготування суспензії; 3 – механічна мішалка; 4 – випуск в каналізацію;
- 5 – трубопровід подачі суспензії до насоса;
- 6 – насос; 7 – напірний трубопровід подачі суспензії до витратного бака; 8 – витратний бак; 9 – переливний трубопровід;
- 10 – трубопровід подачі суспензії на фільтр; 11 – розподільчий оголовок; 12 – фільтрувальна установка; 13 – переливний трубопровід; 14 – фільтруюче завантаження; 15 – крани для відбору проб суспензії; 16 – місце для відбору проб завантаження; 17 – щит п'єзометрів; 18 – дренажний ковпачок; 19 – трубопровід відводу очищеної води; 20 – трубопровід подачі води на промивку

Фільтрування відбувалось зверху вниз. Сама фільтраційна колона прийнята із полімерної труби діаметром 150 мм і висотою 2,0 м. Висота шару завантаження піску становила 1,0 м. На трубі влаштовано 7 створів (1, 2, 3 – на відстані 0,1 м, 4, 5, 6, 7 – через 0,2 м), в яких відбувався відбір води, що очищається, і проб піску після процесу очистки. В цих же створах було підключено спеціальні п'єзометричні тру-

бки для отримання показань напору у відповідних перерізах фільтруючого завантаження. Промивка завантаження здійснювалась знизу вгору. Промивна вода по спеціальному переливному трубопроводу відводилась у каналізаційну мережу.

Перед початком основних вимірювань гідравлічних характеристик системи були виконані спеціальні дослідження особливостей фільтруючого завантаження [1]. Його щільність в насипному стані становила 1412 кг/м^3 , у щільному тілі – 2650 кг/м^3 , пористість $m = 0,47$, коефіцієнт форми $k_f = 1,19$, щільність частинок забруднень із спондилової глини – $1,4 \text{ кг/м}^3$, еквівалентний діаметр частинок завантаження становив $d_{\text{екв}} = 1,15 \text{ мм}$ і визначався за формулою [2]

$$\frac{1}{d_{\text{екв}}} = \sum \frac{p_i}{d_i}, \quad (1)$$

де p_i – відносний ваговий склад фракцій завантаження з діаметром d_i .

Спочатку визначався коефіцієнт фільтрації завантаження при пропуску по колоні чистої води з різною витратою. Результати дослідів приведені на рис. 2.

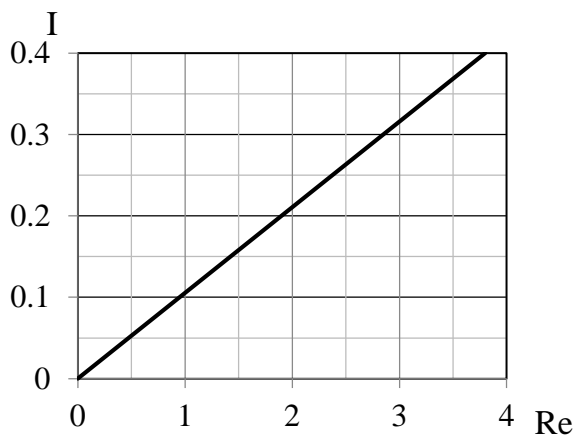


Рис. 2. Зміна гідравлічного похилу завантаження при зміні швидкості фільтрування води

По вертикальній осі відкладено значення гідравлічного похилу I , по горизонталі – число Рейнольдса. Як бачимо, залежність між I і Re являє собою пряму лінію, що говорить про те, що фільтрація в даному випадку здійснюється за лінійним законом (законом Дарсі). Числа Рейнольдса для потоку, які представлені на графіку,

відповідають значенням швидкості фільтрування V до 15 м/год . Отримані результати підтверджують прийняте сьогодні положення, що швидкі фільтри, які працюють зі швидкістю фільтрування $6 - 12 \text{ м/год}$, працюють в ламінарному режимі фільтрування [3,4].

Основні експериментальні дослідження проводились на даній дослідній установці по вимірюванню фільтраційних характеристик потоку при пропуску суспензії, яка мала різні початкові концентрації забруднень при змінних швидкостях фільтрування. На основі отриманих результатів встановлено, що в процесі фільтрування, за рахунок впливу затриманих частинок забруднень, з часом суттєво збільшується опір фільтруючого завантаження, або, відповідно, зменшується його коефіцієнт фільтрації. На рис. 3 представлена експериментальна залежність зміни з часом середнього для всього завантаження фільтра коефіцієнта фільтрації при пропуску суспензії ($\bar{k}_{\text{сусп.}}$) в порівнянні з його значенням при пропуску чистої води (\bar{k}_0). Дані характеристики отримані для початкової концентрації забруднень в потоці 50 мг/л при швидкості фільтрування 10 м/год .

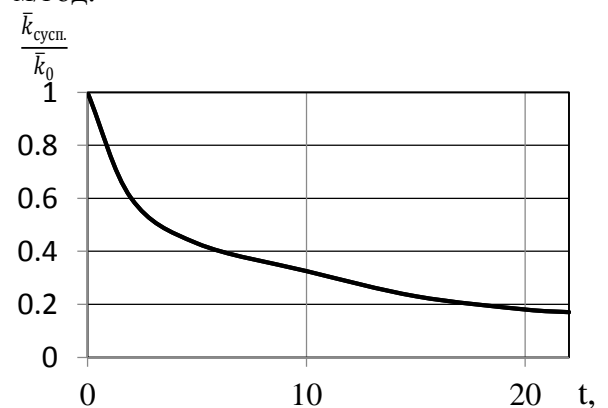


Рис. 3 Зміна середніх для фільтра значень коефіцієнта фільтрації за час його роботи

Як слідує з графіка, значне зменшення величини середнього коефіцієнта фільтрації завантаження має місце на початкових періодах роботи фільтра (0 - 4 год.). В подальшому інтенсивність зменшення коефіцієнта фільтрації всього шару завантаження спадає

Цікавим, з нашої точки зору, є графік на рис. 4, на якому представлено закономірності зміни коефіцієнта фільтрації (відношення коефіцієнта фільтрації при пропуску суспензії до його значення при пропуску чистої води ($\frac{k_{\text{сусп.}}}{k_0}$) з часом в кожному окремому створі.

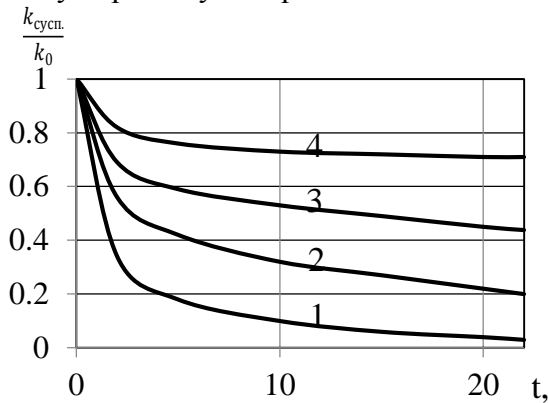


Рис. 4 Зміна коефіцієнта фільтрації в створі за час роботи фільтра
1 – Створ 1-2; 2 – Створ 2-3; 3 – Створ 3-4;
4 – Створ 6-7

Як і в попередньому випадку, максимальна інтенсивність зменшення коефіцієнта фільтрації має місце в початкові години роботи фільтра. Крім того, максимальне зменшення $k_{\text{сусп.}}$ відбувається в першому за напрямком руху води створі (1-2). В усіх наступних створах інтенсивність замулення завантаження фільтра, і, відповідно, коефіцієнта фільтрації, суттєво зменшуються. Дана обставина свідчить про те, що приймати на реальних очисних спорудах досить велику товщину (висоту) фільтруючого завантаження нераціонально, оскільки основна маса забруднень затримується у верхніх шарах фільтра. При цьому, з точки зору видалення забруднень з води і забезпечення необхідної якості її очистки, в розглядуваних спорудах нижні шари працюють відносно неефективно. Таким чином, у швидких фільтрах обов'язково існує ефективне значення товщини завантаження, при якому будуть забезпечуватись оптимальні з технологічної і економічної точки зору умови їх роботи.

Підтвердженням даного висновку можуть служити графіки наведені на рис. 5, на яких показано як змінюється за товщи-

ною фільтра відношення коефіцієнту фільтрації в конкретній точці до максимального його значення в останньому за рухом води створі ($\frac{k_{\text{сусп.}}}{k_{\text{сусп. макс.}}}$) для різних годин роботи споруди.

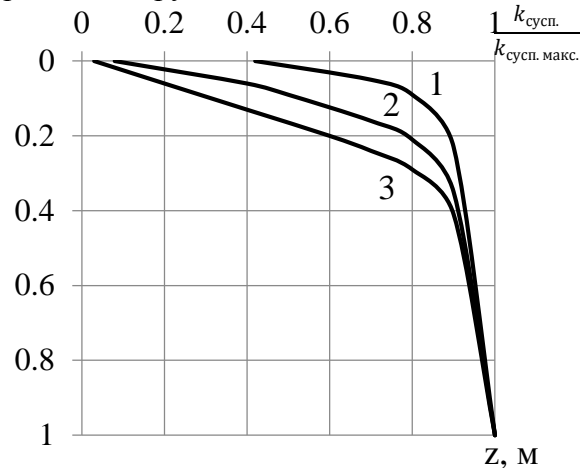


Рис. 5 Зміна коефіцієнта фільтрації за глибиною завантаження в часі:
1 – $t = 1,0$ год; 2 – $t = 12$ год; 3 – $t = 22$ год

З цього графіку слідує, що на початкових етапах роботи фільтра ($t = 1$ год.), основна маса забруднень (до 80%) затримується у верхніх шарах завантаження (до 0,1 м). При продовженні роботи фільтра ($t = 24$ год.) забруднення проникають глибше у тіло фільтра і ці ж самі 80% відсотків забруднень затримуються товщиною завантаження до 0,3 м. Очевидно, що при продовженні роботи споруди, забруднення проникають ще глибше, і починає ефективно працювати завантаження більшої висоти [5,6].

Забруднення, які видаляються з води, затримуються фільтрувальним завантаженням і залишаються в тілі фільтра. Розподіл маси забруднень за висотою шару завантаження залежить від типу зернистого фільтруючого завантаження, виду забруднень, які видаляються при очистці, і часу роботи споруди.

Для випадку роботи розглядуваної в дослідних модельній установці, розподіл маси затриманих забруднень через 22 години її роботи наведено на рис. 6.

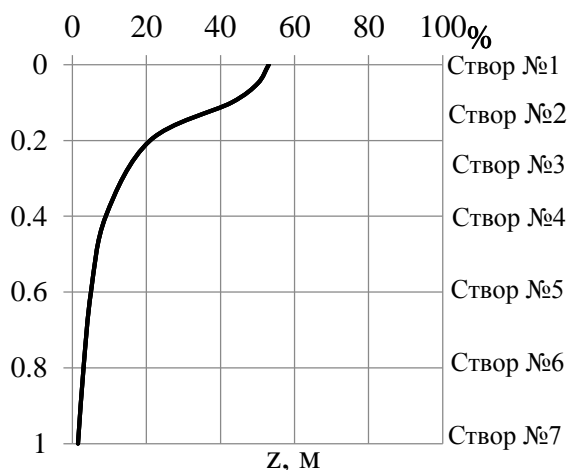


Рис. 6 Розподіл маси забруднень за висотою фільтра через 22 години його роботи

З даного графіка слідує, що основна маса забруднень (до 97%) затрималась між створами №1 – №4, на товщині завантаження 0,4 м. Схожі результати було отримано авторами в роботі [7].

Висновки. На основі наведених в роботі експериментальних даних дослідження гідравлічних характеристик фільтрувального завантаження, яке використовується на реальних водопровідних очисних спорудах, можна зробити такі основні висновки: фільтрування очищеної рідини здійснюється за лінійним законом Дарсі; основна маса забруднень затримується у верхніх шарах завантаження (0 – 0,4 м), що з часом призводить до суттєвого

зменшення коефіцієнта фільтрації останніх.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Аюкаев Р.И., Мельцер В.З. Производство и применение фильтрующих материалов для очистки воды. Справочное пособие. – Л.: Стройиздат, 1985. – 118 с.
2. Минц Д.М. Теоретические основы технологии очистки воды. – М.: Стройиздат, 1964. – 155 с.
3. Журба М.Г. Очистка воды на зернистых фильтрах. – Львов: Вища школа, 1980. – 200 с.
4. Поляков В.Л. Расчет фильтрования суспензий через многослойную загрузку при линейной кинетике массообмена // Химия и технология воды, 2008, т. 33, № 1. – С. 3-14.
5. Горобченко А.И. Интенсификация работы водоочисных споруд из зернистым завантаженням шляхом визначення раціональних значень тривалості фільтрування і промивки: Автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.04. – Одеса, 2008. – 26 с.
6. Кастальский А.А., Минц Д.М. Подготовка воды для питьевого и промышленного водоснабжения. – М.: Высшая школа, 1962. – 558 с.
7. Гириков О.Г., Николаев Е.Ю. Интенсификация работы скорых водопроводных фильтров. Изв. вузов. Строительство, 1999, №7, с. 128-131.

УДК 628.543

Разгонова О. В., Коляда В.П., Сокольник В. І.

Запорізька державна інженерна академія

ВИВЧЕННЯ ВПЛИВУ ЕЛЕКТРОКІНЕТИЧНИХ ЯВИЩ НА ЗНЕВОДНЕННЯ ЧЕРВОНИХ ШЛАМІВ

Вступ

Червоний шлам - густа суспензія з нерозчинних у воді силікатів, алюмосилікатів і окислів металів, що має червоний колір завдяки високому вмісту заліза. Він є основним відходом глиноземного виробництва. Продукт коагуляції гідроксидів заліза, алюмінію, кремнію і титану містить значну кількість цих елементів і тому

може служити цінною вторинною сировиною. Окрім його перспективного значення, як цінної вторинної сировини, він є загрозою для навколишнього середовища в якості діючих і потенційних джерел витоків насичених лужних шламових вод. Складаються червоні шлами у шламосховищах більшість з яких знаходиться у аварійному стані [1]. Тобто, переробка складованих відходів з вилученням цінних