

ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ДРЕНАЖНИХ СИСТЕМ ШВИДКИХ ФІЛЬТРІВ ВОДОПРОВІДНИХ ОЧИСНИХ СТАНЦІЙ

Сорокіна К. Б.

1. Вступ

У фільтрах одним з найважливіших вузлів є дренажна система, яка розташована в нижній зоні швидкого фільтра. Вище дренажної системи розташовується фільтруючий шар, в основному, з піску. Іноді використовують антрацит, граніт, подрібнені опоки металургійного виробництва, керамзит та ін. Дренажною системою відводиться фільтрована вода, а при подачі води в дренажну систему в протилежному напрямку проводиться промивна вода фільтруючого шару. Вибір і ефективна робота дренажної системи мають велике значення, так як вона має забезпечувати виконання таких функцій:

- рівномірне відведення фільтрату по всій площі фільтра;
- запобігання винесенню зерен фільтруючого матеріалу;
- рівномірний розподіл по всій площі фільтра промивної води (у зв'язку з чим ці системи називають також розподільчими).

Нерівномірне надходження промивної води, яка подається з великими швидкостями, може привести до нерівномірного і незадовільного промивання фільтра, викликати зрушення підтримуючих шарів, порушити правильну роботу фільтра, погіршити якість фільтрату та скоротити фільтроцикл [1, 2].

В даний час в експлуатації очисних комплексів знаходяться різні дренажні системи швидких фільтрів [3]:

– трубчаста з отворами 10–20 мм і гравійним відсипанням зі змінним розміром (збільшення крупності від верхніх шарів в напрямку нижніх). Промивання фільтрів проводиться тільки водою;

– ковпачкова система дренажу з розташуванням ковпачків на поверхні перекриття, що розділяє зону фільтруючого шару від зони фільтрату. Під час водо-повітряної промивки зона фільтрату є також повітряною зоною (верхня частина). Також передбачаються конструкції з ковпачками, розташованими на трубах;

– з щільованих труб:

- а) щільовані труби поліетиленові (нормативний термін служби 5–10 років);
- б) щільовані труби з нержавіючої сталі.

Під час водо-повітряної промивки для повітря використовується окрема система труб. Для практичного застосування останнім часом за рахунок високих експлуатаційних показників поширення набули дренажні системи з полімербетонних плит («пористий полімербетон» – гравій у вигляді плит, скріпленій сполучною – епоксидною смолою). Під час водо-повітряної промивки прокладається окрема система труб для повітря [4, 5].

Для відкритих швидких фільтрів водоочисних станцій рекомендують два типи дренажних систем:

- 1) зі збірних плит, виготовлених повністю з пористого полімербетону;
- 2) зі збірних залізобетонних дірчастих плит, отвори яких заповнені пористим полімербетоном [6].

В цілому, від ефективної роботи дренажних систем фільтрів залежить якість фільтрату, витрата промивної води та електроенергії, собівартість очищення води. Крім цього, на більшості експлуатованих очисних станціях фільтри потребують реконструкції та модернізації. Тому актуальним є дослідження характеристик дренажних систем фільтрів з формуванням рекомендацій щодо їх використання.

Таким чином, *об'єктом дослідження* є сучасні конструкції дренажних систем швидких фільтрів. *А метою дослідження* є аналіз функціональних особливостей та експлуатаційних показників дренажних систем швидких фільтрів з використанням ряду критеріїв.

2. Методика проведення досліджень

Для вибору дренажної системи швидкого фільтра, що забезпечує встановлені показники його експлуатації, був проведений аналіз факторів, що характеризують ефективність дренажних систем. В якості основних обрані наступні критерії:

- винесення піску і забруднень з фільтратом;
- рівномірність збору фільтрату, розподілу промивної води і повітря по площі фільтра;
- контроль параметрів робочого циклу і промивання (швидкість, тривалість);
- механічна міцність.

Проведено аналіз результатів реконструкції дренажних систем фільтрів на Комплексі водопідготовки «Дніпро» Комунального підприємства «Харківводоканал» (Україна).

3. Результати досліджень та обговорення

Дослідження експлуатаційних показників використання дренажних систем швидких фільтрів дозволяє виявити доцільність їх застосування.

Дренажна система з труб з отворами і основою для фільтруючого шару з гравію:

- в даний час при проектуванні і виборі як варіанту під час реконструкції має обмежене застосування. Можливо використовувати тільки при водяній промивці з обмеженням швидкості промивки, так як можливий зсув основи фільтруючого шару і гравію;
- під час експлуатації відзначено наявність застійних зон, що не виключає розвиток бактерій, вірусів;
- досить велика витрата промивної води.

Ковпачкова система:

- зона нерівномірного руху води в нижній частині фільтруючого шару мінімальна;
- відсутня окрема система подачі повітря при промиванні;
- високий опір дренажу;
- складність виготовлення, монтажу;
- велика матеріаломісткість;

– швидка зношуваність як самих ковпачків, так і перекриттів розподільних лотків.

Дренажна система з щільованих труб:

– трудомістке виготовлення як пластмасових, так і сталевих;

– зміна розмірів щілин у пластмасових трубах під час монтажу та експлуатації, що призводить до різних швидкостей руху води в фільтруючому шарі і, як наслідок, зниження часу захисної дії фільтра;

– при експлуатації відзначено наявність застійних зон.

Під час аналізу функціональних особливостей та експлуатаційних показників дренажних систем швидких фільтрів, які набули широкого використання, до розгляду прийняті деякі системи, розроблені останнім часом.

У трубчастій системі «Полісток» передбачений дренажно-підтримуючий каркас, який являє собою двошарову склопластикову конструкцію з осередків, між шарами якої монолітно зафіксована фільтрувальна полімерна сітка. Фільтросітка підбирається з урахуванням того, що її розмір осередків був приблизно на 0,1 мм менше мінімального рекомендованого розміру фракцій завантаження.

Накопичений досвід роботи експлуатації переобладнаних фільтрів показав, що швидкі фільтри з безгравійною склопластиковою дренажно-розподільчою системою забезпечують нормативні показники за залишковою каламутністю, забарвленістю та інтенсивністю промивки при різних режимах фільтрування. Промивна вода рівномірно розподіляється по всій площі фільтра, що істотно впливає на ефективність фільтрування. При цьому економія промивної води досягає 20–30 % [7].

Серед недоліків слід зазначити недостатню надійність сітки, що фільтрує, можливість її швидкого зносу та наявність застійних зон.

Дренажні фільтри Групи компаній «Екополімер» (м. Харків, Україна) виключають струменеву течію в зернистому завантаженні, що дозволяє збільшити інтенсивність виносу забруднень і зменшити час, необхідний для промивки фільтруючого завантаження. Доведено ефективність застосування таких дренажних систем і для реконструкції фільтрів доочистки стічних вод [8].

В цілому можна відзначити такі переваги дренажної системи [9]:

– підвищення ефективності використання обсягу за рахунок відмови від підтримуючих шарів гравію;

– виключення виносу фільтруючого завантаження з очищеною водою;

– забезпечення рівномірного розподілу води при фільтрації і промивці;

– дренажні фільтри регульованої довжини спрощують монтаж і скорочують його терміни.

Дугоподібні панелі дренажної системи «TRITON» європейського екологічного центру «KREVOX» (м. Відень, Австрія) з великою поверхнею щілин, що виконані з клиноподібного дроту Vee-Wire, підходять для будь-яких фільтраційних завантажень.

Вони мають подвійну поверхню фільтрування: зовнішню – з V-подібними щілинами, та внутрішню – каркас для підтримки міцності та отворами для рівномірного розподілу води і повітря. Підведення води і повітря при промиванні та відведенні води при фільтрації здійснюється розташованим біля поверхні

фільтруючої основи каналом. Живий перетин пазів фільтруючої поверхні в 20 разів більше живого перетину пазів фільтрів з колпачковою системою [10].

Швидкості руху води при фільтрації в фільтруючому завантаженні рівномірні. Опір дренажної системи в 20 разів менше порівняно з ковпачковою системою. У зв'язку із рівномірним рухом води в фільтруючому шарі завислі речовини розподіляються рівномірно по висоті фільтруючого шару. Це збільшує брудомісткість фільтрів. Фільтроцикл збільшується до 20 годин. Витрата води на промивку є мінімальною.

На Комплексі водопідготовки «Дніпро» (Україна) в блоці очисних споруд для фільтрації води, що пройшла реагентну обробку і попереднє відстоювання, проектом передбачені швидкі безнапірні фільтри з низхідним потоком фільтрованої води, в кількості 24 од. Швидкість фільтрування при нормальному режимі дорівнює 7,16 м/год, при форсованому – 7,8 м/год.

За час експлуатації дренажної системи з поліетиленових щільованих труб (нормативний термін служби яких 10 років) внаслідок деформації щілин і руйнування перемичок між ними спостерігається винос фільтруючого завантаження при фільтруванні води, якість фільтрату погіршилася. При промиванні фільтра на поверхні промивної води видно ділянки, що «фонтують», відсутній рівномірний розподіл води по площі фільтра. Час і кількість води на промивку збільшується:

- час – збільшився з 11 хв. до 15 хв.;
- витрата – до 500 м³ (збільшення з 8,24 л/с до 8,41 л/с з однієї труби).

З 1998 р. розпочато реконструкцію дренажної системи фільтрів із заміною дренажної системи з щільованого поліетилену на полімербетон і склопластик. В даний час на блоці очисних споруд КВ «Дніпро» з 24 проектних фільтрів – два виведені в ремонт, на п'яти фільтрах проведено заміну дренажної системи на полімербетон і на одному фільтрі встановлена дренажна система «Полісток».

Фільтр з дренажною системою «Полісток» відрізняється від проектного тим, що замість щільованих поліетиленових водорозподільних труб укладені труби зі склопластиковим каркасом. Підтримуючий шар гравію – відсутній.

Розподілення води та повітря під час промивки фільтрів дещо гірше, ніж в полімербетонному дренажі (час – до 13 хв., витрата – до 430 м³).

Фільтр з дренажною системою з полімербетону (рис. 1) являє собою резервуар з фільтрувальним завантаженням з кварцового піску або антрациту, в якому на відміну від проектних фільтрів відсутній підтримуючий шар з гравію. Замість нього покладені полімербетонні плити. Так само відсутні водорозподільні труби з щільованого поліетилену – замість них покладені бетонні лотки. Система розподілу повітря залишилася без змін.

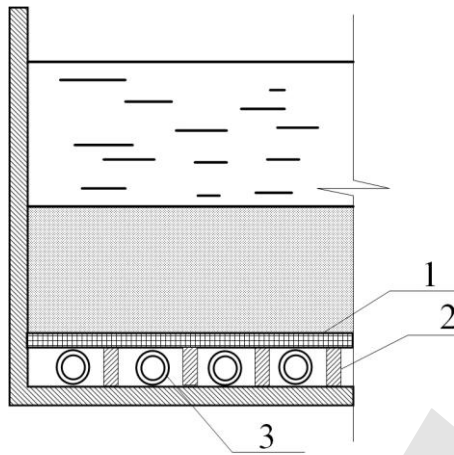


Рис. 1. Фрагмент фільтру з дренажною системою з полімербетону:
1 – полімербетонні плити; 2 – бетонні лотки; 3 – система розподілу повітря

Пористий полімербетон виконаний із заповнювача (щебню або гравію), який скріплений епоксидним сполучним матеріалом.

Фільтри з полімербетонними дренажними системами зарекомендували себе з позитивного боку. За час експлуатації (10–15 років) виявлені наступні показники:

- виходу з ладу дренажної та повітряної систем не спостерігалось;
- висока ефективність промивання за рахунок рівномірного розподілу води і повітря по площі фільтра;
- застійних зон не утворює;
- час промивки відповідає проектному – 11–12 хв.;
- витрата води зменшилася – 350–400 м³;
- збільшення швидкості фільтрації та тривалості фільтроциклу;
- винесення піску і забруднень вище норми відсутні.

Але необхідно відзначити, що полімербетонні дренажні системи є трудомісткими у виготовленні. При ремонті повітродозподільної системи потрібно проводити знімання плит, з порушенням цілісності поверхні, що фільтрує. Методи контролю плит перед монтажем не гарантують їх якість.

4. Висновки

В ході дослідження проведено зіставлення характеристик дренажно-розподільних систем різних конструкцій, встановлених в фільтрах для очищення природної води до питної якості. Виявлено, що найбільш перспективними є системи, виготовлені з полімербетону. Результати аналізу досвіду реконструкції дренажних систем фільтрів на Комплексі водопідготовки «Дніпро» Комунального підприємства «Харківводоканал» підтвердили переваги полімербетонних дренажних систем. Проведено порівняння експлуатаційних показників систем з щільованого поліетилену, труб зі склопластиковим каркасом та полімербетонних плит. Результати дослідження та фактори, що визначені для характеристики ефективності дренажних систем, стануть у нагоді під час проектування очисних систем або розробки технічних рішень щодо реконструкції та модернізації існуючих об'єктів.

Література

1. Мельцер, В. З. (1995). *Фильтровальные сооружения в коммунальном водоснабжении*. Москва: Стройиздат, 176.
2. *Water treatment manuals. Filtration*. (1995). Ireland: Published by the Environmental Protection Agency, 80.
3. Журба, М. Г., Соколов, Л. И., Говорова, Ж. М. (2004). *Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений. Том 2*. Москва: АСВ, 496.
4. Wegelin, M. (1996). *Surface water treatment by roughing filters – A design, Construction and Operation manual*. Duebendorf: SANDEC–SKAT, 180.
5. Progulny, V., Ryabkov, M., Borysenko, K., Grachov, I. (2018). Theoretical and experimental study of mud injection porous drainage in filters with floating loading. *Technical journal*, 12 (4 (2018)), 231–235. doi: <https://doi.org/10.31803/tg-20180410145724>
6. *Рекомендации по применению пористых полимербетонных дренажей в скорых фильтрах водоочистных станций и установках заводского изготовления*. (1989). Москва: ОНТИ АКХ, 23.
7. ПОЛИСТОК Безгравийная дренажно – распределительная система скорого водопроводного фильтра. Available at: <http://www.polistok.com/bdrs.phtml>
8. Ульченко, В. М. (2010). Доочистка сточных вод на фильтрах с зернистой загрузкой. *Водоснабжение и санитарная техника*, 12, 34–38.
9. Мешенгиссер, Ю. М., Слепцов, Г. В., Ульченко, В. М. (2007). Опыт разработки и внедрения дренажно-распределительных систем «Экополимер». *Водоснабжение и санитарная техника*, 10, 17–20.
10. Кинебас, А. К., Феофанов, Ю. А. (2010). Модернизация Зеленогорской водопроводной станции – этап реализации региональной программы «Чистая вода». *Водоснабжение и санитарная техника*, 9, 38–44.