
ВОДОПОСТАЧАННЯ ТА ВОДОВІДВЕДЕННЯ

УДК 628.16.067

Гіроль М. М., д.т.н., професор, Трач Ю. П., асистент (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

**ПОРІВНЯННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОЧИЩЕННЯ
ТЕПЛООБМІННОЇ ВОДИ СПИРТОВИХ ВИРОБНИЦТВ НА
ФІЛЬТРАХ ІЗ ПІНОПОЛІСТИРОЛЬНИМ ФІЛЬТРУЮЧИМ
ШАРОМ ТА КВАРЦОВИМ ПІСКОМ**

Наведено результати дослідження очищення теплообмінної води при паралельній роботі фільтрів із пінополістирольним фільтруючим завантаженням та кварцовим піском. Обґрунтована доцільність використання фільтрів із пінополістирольним фільтруючим шаром із аераційною камерою для біологічного очищення теплообмінної води у спиртовому виробництві.

Ключові слова: фільтр, пінополістирольний фільтруючий шар, аераційна камера, біологічне очищення, ефективність.

Основною ланкою технологічних схем підготовки води для потреб парових котлів є фільтри пом'якшення. Проте ефективна робота таких споруд значною мірою залежить від якості вихідної води. У спиртовому виробництві для живлення парових котлів найчастіше використовують гарячу теплообмінну воду. Така вода містить підвищену концентрацію окисного заліза 3,8-4,05 мг/дм³, перманганатна окислюваність – 34,5-35,5 мгО₂/дм³, температура – 55 °С. Вода такої якості перед поступленням на фільтри пом'якшення повинна проходити попереднє очищення [1].

В практиці очищення води існує розмаїття технологічних прийомів кондиціонування води, які базуються на методах механічного, фізико-хімічного, біологічного очищення. Проте існуючі технічні рішення для забезпечення реалізації цих методів мають певні особливості свого застосування. Забруднення, що містяться у теплообмінній воді, дають можливість стверджувати про доцільність використання біологічного методу очищення у поєднанні з фільтруванням води через зернистий матеріал.

В спиртовій промисловості в якості споруд попереднього очищення теплообмінної води набули поширення фільтри, фільтруючий

шар яких виконано із кварцового піску та з плаваючого пінополістирольного фільтруючого шару. Останні споруди достатньо позитивно себе зарекомендували при очищенні природних вод та при роботі в режимі біофільтрів-реакторів в схемах доочищення стічних вод [3]. Вивченню процесу очищення води на зернистих фільтрах значну увагу приділяли такі відомі вчені, як Д.М. Мінц, Ю.М. Шехтман, Л.А. Кульський, Н.В. Ярошевська, В.О. Орлов, О.Я. Олійник, М.М. Гіроль, І.А. Шеренков, В.Л. Поляков, М.Г. Журба, П.Д. Хоружий, П.О. Грабовський, С.С. Душкін, В.П. Хоружий та інші.

Враховуючи відносно невисокий вміст органічних речовин у воді, на практиці та згідно [2] рекомендують застосовувати фільтр з плаваючим пінополістирольним фільтруючим шаром, що працює з висхідним напрямом фільтраційного потоку або фільтр із кварцовим піском із низхідним напрямком фільтраційного потоку води.

З метою вивчення можливості та ефективності застосування висезгаданих фільтрів в схемах очищення теплообмінної води спиртових виробництв було виготовлено два фільтра. Фільтруючий шар одного з фільтрів виконано з кварцового піску, а іншого – зі спінених гранул полістиролу. Ці фільтри працювали паралельно. Для порівняння ефективності очищення на таких фільтрах, було використано однорідні завантаження різних гранулометричних складів із такими середніми діаметрами зерен: 0,75 мм, 1,25 мм, 1,75 мм, товщина фільтруючого шару порівняльних рішень приймалась 0,8 м, 1,0 м, 1,2 м, швидкість фільтрування становила 2, 4, 6 м/год.

Якість біологічного очищеної теплообмінної води на зернистому фільтрі залежить від вмісту розчинного кисню у ній, який необхідний для активного розвитку аеробного біоценозу у фільтруючому шарі фільтра. Концентрація розчинного кисню у теплообмінній воді до подачі її на фільтри становила 2,2-2,8 мг $O_2/дм^3$. Подача теплообмінної води на фільтр із кварцовим піском здійснювалась переливом з висоти 1,0 м і, як наслідок, відбувалась аерація води. Вміст розчинного кисню завдяки такій аерації становив 4,0-4,5 мг $O_2/дм^3$.

Очищення теплообмінної води на фільтрі із пінополістирольним фільтруючим шаром відбувалось наступним чином. В аераційну камеру фільтра теплообмінна вода поступала переливом. Струмінь води, разом із захопленим повітрям, ударявся об гранули полістиролу. Важливою особливістю такого насичення води киснем повітря є те, що вільноплаваючі гранули пінополістиролу не дозволяли швидкому спливанню диспергованого повітря і тим самим збільшують час контакту води із повітрям. В результаті повітря диспергувалось на дрібні бульбашки. Концентрація розчинного кисню досягала до 5,7-6,0 мг

$O_2/дм^3$. Тривале перебування теплообмінної води у підфільтровому просторі фільтра сприяло зменшенню концентрації окисного заліза у воді відбувалось на 10-15%.

Після подачі теплообмінної води на паралельно працюючі фільтри відбувалось її фільтрування. Тривалий час спостерігалось поліпшення якості фільтрату. Із бігом часу якість фільтрату, при паралельній роботі обох фільтрів, погіршувалась. Проте швидкість погіршення ефективності очищення води на фільтрах відрізнялась. Швидкість біологічного окислення органічних речовин була більшою на фільтрі із пінополістирольним фільтруючим шаром. Про це свідчать результати експериментальних досліджень, що проілюстровано на рис. 1.

На цьому рисунку графічно показана залежність часу погіршення якості фільтрату від фільтруючого матеріалу. Очевидно, що підвищення розчинного кисню у теплообмінній воді, в результаті її перебування в аераційній камері фільтра, активізує аеробні процеси у фільтруючому шарі, що, в свою чергу, сприяє збільшенню тривалості фільтроциклу. Так, при роботі фільтрів із такими параметрами фільтрування ($H=1,0$ м, $V=6,0$ м/год, $d=1,25$ мм) перевищення допустимого значення перманганатної окислюваності спостерігається через 12 годин роботи фільтра із пінополістиролом й після 10 годин експлуатації фільтра із кварцовим піском.

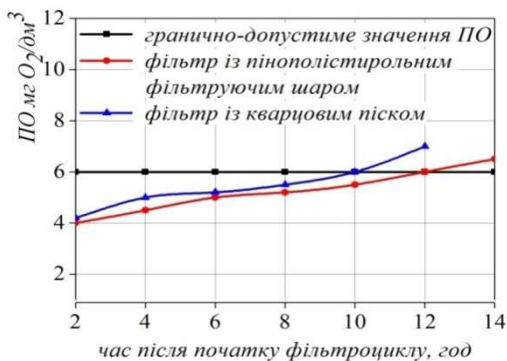


Рис. 1. Залежність перманганатної окислюваності у фільтраті від тривалості фільтроциклу ($V = 6,0$ м/год, $d = 1,25$ мм, $H = 1,0$ м, перманганатна окислюваність = 35 мг $O_2/дм^3$, фільтроцикл № 5...8)

Окрім дослідження часу перевищення допустимого значення перманганатної окислюваності у фільтраті, після початку фільтроциклу, було проведено дослідження залежності концентрації окисного заліза

у фільтраті від тривалості фільтроциклу. Згідно рис. 2 при очищенні води від окисного заліза перевищення ГДК на фільтрах із фільтруючими шарами з пінополістиролу спостерігалось через 16 годин його роботи, а з кварцовим піском через 14 годин. Ці фільтри працювали із такими параметрами роботи: ($V = 6,0$ м/год, $d = 1,25$ мм, $H = 1,0$ м, $C_{\text{ок.зал.}} = 3,5$ мг/дм³). Аналізуючи графіки рис. 1 та рис. 2, тривалість фільтроциклу слід контролювати по часу перевищення допустимого значення перманганатної окислюваності у фільтраті.

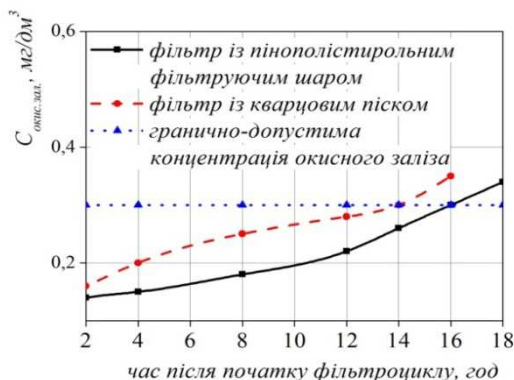


Рис. 2. Залежність концентрації окисного заліза у фільтраті від тривалості фільтроциклу ($V = 6,0$ м/год, $d = 1,25$ мм, $H = 1,0$ м, $C_{\text{ок.зал.}} = 3,5$ мг/дм³, фільтроцикл № 5...8)

Проведені експериментальні дослідження ефективності біологічного очищення дозволили встановити таку закономірність. Збільшення швидкості фільтрування зменшує середню ефективність біологічного очищення теплообмінної води за фільтроцикл. Ця залежність графічно зображена на рис. 3. При паралельній роботі фільтрів ($H=0,8$ м, $V=2,0$ м/год, $d=1,25$ мм, 10 годинна робота фільтрів) найвища ефективність очищення спостерігається при фільтруванні води на фільтрі з пінополістирольним фільтруючим шаром зі швидкістю 2 м/год і становить 88%, а найменша – 83% при фільтруванні зі швидкістю 6 м/год.

Згідно рис. 3 ефективність біологічного окислення органічних речовин на фільтрі з пінополістиролом вища за ефективність очищення на фільтрі з кварцового піску. При швидкості фільтрування 2 м/год ефективність на цих фільтрах становить 88% і 82% відповідно. Така різниця швидкості окислення органічних речовин на фільтрах спричинена різним вмістом розчинного кисню у теплообмінній воді, яка поступає на фільтри із пінопольним фільтруючим шаром та кварцовим пі-

СКОМ.

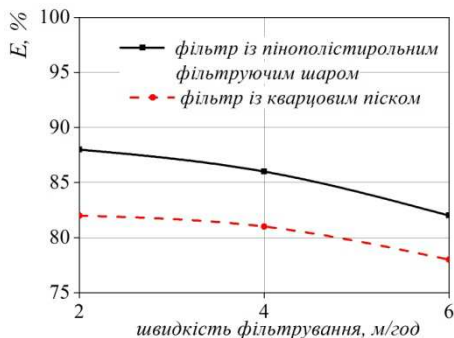


Рис. 3. Ефективність біологічного очищення води при різних швидкостях фільтрування ($H=0,8$ м, $d = 1,25$ мм, перманганатна окислюваність = $35 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$, 10 годинна робота фільтрів, фільтроцикл № 5...10)

Через часткове осідання окисного заліза у підфільтровому просторі фільтра з пінополістирольним фільтруючим шаром ($V = 2$ м/год, $H = 0,8$ м, $d = 1,25$ мм, $C_{\text{ок.зал.}} = 3,5 \text{ мг}/\text{дм}^3$, 10 годинна робота фільтра) ефективність очищення теплообмінної води становила 93% і вона була вищою за ефективність очищення води на фільтрі з кварцовим піском. Найнижчу ефективність очищення 87% показав фільтр із кварцовим піском при $V = 6$ м/год, $H = 0,8$ м, $d = 1,25$ мм при 10 годинній роботі.

Проведенні дослідження тривалості фільтроциклів на фільтрах при різних параметрах роботи дали можливість говорити про існування залежності ефективності очищення води від розмірів зерен фільтруючого матеріалу фільтрів. Згідно рис. 4, при однакових параметрах фільтрування ($V=2,0$ м/год, $d=0,75$ мм, $H=1,2$ м, при 14 годинній роботі фільтрів) на фільтрі з пінополістирольним фільтруючим шаром ефективність біологічного окислення органічних речовин вища за ефективність на фільтрі з кварцовим піском і становили 96% і 90% відповідно.

Крім того, на фільтрі з пінополістирольним фільтруючим шаром, який має аераційну камеру ефективність очищення при різних середніх діаметрах зерен (0,75 мм, 1,25 мм, 1,75 мм) більша за ефективність очищення води на фільтрі з кварцовим піском в середньому на 6-10%.

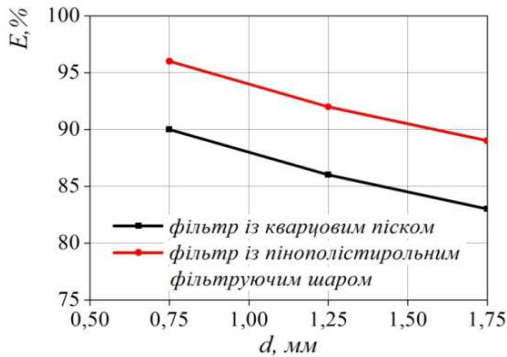


Рис. 4. Ефективність очищення води від органічних речовин при різних діаметрах гранул ($H = 1,0$ м, $V = 2$ м/год, перманганатна окислюваність = $35 \text{ мГО}_2/\text{дм}^3$, фільтроцикл № 5...10)

Спостереження за роботою фільтрів, при однакових параметрах фільтрування ($V=2,0$ м/год, $d=0,75$ мм, $H=1,2$ м, при паралельній роботі 10 годин), показали залежність ефективності очищення теплообмінної води від окисного заліза від розміру зерен фільтруючого шару та від матеріалу фільтруючого шару. Підтвердженням вище сказаного є експериментальні дослідження, що представлені на рис. 5.

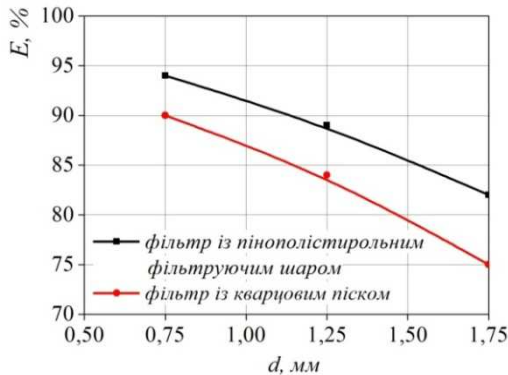


Рис. 5. Залежність ефективності очищення теплообмінної води від окисного заліза при різних діаметрах гранул ($H = 1,0$ м, $V = 2$ м/год, $S_{\text{ок.зал}} = 3,5 \text{ мг}/\text{дм}^3$, фільтроцикл № 5...10)

Так, при 14 годинній роботі фільтрів ефективність очищення води від окисного заліза при $d = 0,75$ мм на фільтрі з пінополістирольним фільтруючим шаром становить 94%, а на фільтрі з кварцового піску при $d = 0,75$ мм – 90%. Збільшення діаметру зерен, при однакових параметрах фільтрування, призводило до зниження ефективності очищення води від окисного заліза. Ефективність очищення води при такій самій часовій роботі на фільтрі з пінополістирольним фільтруючим шаром при $d=1,75$ мм становить 82%, а на фільтрі з кварцовим піском – 75%.

Висота фільтруючого шару фільтра має вагоме значення при досягненні необхідної ефективності очищення теплообмінної води та забезпечення бажаної тривалості фільтроциклу. Адже, при недостатній висоті фільтруючого шару, забруднюючі речовини можуть не затримуватися фільтром і переходити у фільтрат. Надмірно велика висота фільтруючого шару теж є небажаною, оскільки зростатимуть розміри фільтра, а саме висота підфільтрового простору фільтра із пінополістирольним фільтруючим шаром і надфільтрового простору у фільтрі з кварцовим піском. Приведені наступні результати досліджень на рис. 6 та рис. 7 підтверджують цю думку.

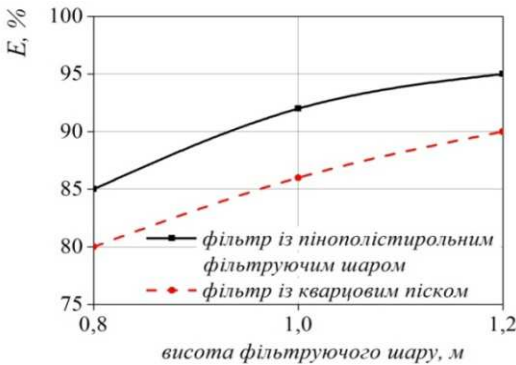


Рис. 6. Ефективність біологічного очищення теплообмінної води при фільтруванні через різні висоти фільтруючого шару ($V = 2$ м/год, $d = 1,25$ мм, перманганатна окислюваність = 35 мг O_2 /дм 3 , фільтроцикл № 10...15)

На рис. 6 та рис. 7 графічно відображена залежність ефективності біологічного очищення та вилучення окисного заліза при фільтруванні теплообмінної води через різні висоти та різні матеріали фільтруючих шарів. Так, при однакових параметрах фільтрування теплообмінної води ($H=1,2$ м, $V=2,0$ м/год, $d=1,25$ мм, перманганатна окислюваність =

35 мг О₂/дм³, при роботі фільтрів 12 годин) ефективність біологічного очищення на фільтрі з пінополістирольним фільтруючим шаром становить 95%. При зміні висоти фільтруючого шару із 1,2 м до 0,8 м ефективність зменшується на 10% і становить 85%.

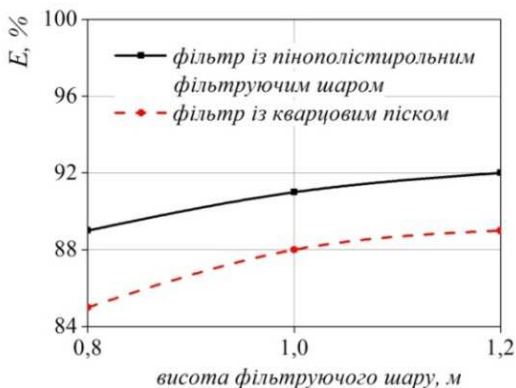


Рис. 7. Ефективність вилучення окисного заліза при фільтруванні води через різні висоти фільтруючого шару ($V = 6,0$ м/год, $d = 1,75$ мм, $C_{\text{ок.зал}} = 3,5$ мг/дм³, фільтроцикл № 10...15)

Найефективніше вилучення загального заліза відбувається при фільтруванні води через пінополістирольний фільтруючий шар висотою $H=1,2$ м і становить 92%, а фільтр із кварцовим піском з такою ж висотою фільтруючого шару забезпечує ефективність очищення лише на 89%. Отже, ефективність очищення теплообмінної води залежить від висоти фільтруючого шару і матеріалу, з якого він виготовлений.

Висновки

- ✓ Проведення порівняльних досліджень ефективності біологічного очищення теплообмінної води у спиртовому виробництві на фільтрі із пінополістирольним фільтруючим шаром з аераційною камерою та на фільтрі із кварцовим піском свою перевагу засвідчив фільтр із плаваючим полістирольним фільтруючим шаром.
- ✓ Тривалість фільтроциклу фільтра із пінополістирольним фільтруючим шаром більша за тривалість фільтроциклу фільтра із кварцовим піском приблизно на 20%.
- ✓ За однакових умов роботи фільтрів біологічне окислення органічних домішок та вилучення окисленої форми заліза інтенсивніше відбувається у пінополістирольному завантаженні і становить відповідно понад 90% і 95%. В той час як за таких саме умов на фільтрі з кварцо-

вим піском величини згаданих параметрів складають не більше 85% та 90% відповідно.

1. Правила устройства и безопасной эксплуатации паровых и водогрейных котлов. – М. : ПИО ОБТ, 2001.
2. ДБН В 2.5-74:2013 Водопостачання зовнішні мережі та споруди Основні положення проектування. – К., 2013. – С. 172.
3. Доочистка сточных вод на зернистых фильтрах / Гириоль Н. Н., Журба М. Г., Семчук Г. М., Якимчук Б. Н.; под общ. ред. Н. Н. Гириоля. – Киев : СП ООО «Типография «Левобережная», 1998. – 92 с.

Рецензент: д.т.н., професор Ковальчук В. А. (НУВГП)

Hirol M. M., Doctor of Engineering, Professor, Trach Y. P., Assistant
(National University of Water Management and Nature Resources Use,
Rivne)

COMPARISON OF CLEANING RESEARCH OF HOT WATER DURING PARALLEL WORK OF FILTERS OPTIONS FILTERING WITH FLOATING LAYER AND QUARTZ SAND

The results of the biological cleaning research of hot water during parallel work of filters options filtering with floating layer and quartz sand. Grounded expedience of the use of filters with the floating layer for previous biochemical treatment of water before it receipt on the filters of softening in alcoholic production.

Keywords: filter, floating filter, biological treatment, efficiency; heat-exchanging water, aeration chamber.

Гириоль Н. Н., д.т.н., професор, Трач Ю. П., ассистент
(Национальный университет водного хозяйства и природопользования,
г. Ровно)

СРАВНЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОЧИЩЕНИЯ ТЕПЛООБМЕННОЙ ВОДЫ СПИРТОВЫХ ПРОИЗВОДСТВ НА ФИЛЬТРАХ С ПЕНОПОЛИСТИРОЛЬНЫМ ФИЛЬТРУЮЩИМ ШАРОМ И КВАРЦЕВЫМ ПЕСКОМ

Представлено результати очищення теплообмінної води при паралельній роботі фільтрів з пенополістирольним фільтрую-

шим материалом и кварцевым песком. Обосновано целесообразность использования фильтра с пенополистирольным фильтрующим шаром и аэрационной камерой для биологического очищения воды в спиртовом производстве.

***Ключевые слова:* фильтр, фильтрование, аэрационная камера, пенополистирольные гранулы, биологическое очищение, теплообменная вода.**
