

УДК 621.182.12:628.16.067.1

**В.І. Ковальчук**, канд. техн. наук, доц.,  
**О.А. Дорож**, канд. техн. наук, доц.,  
**А.П. Попова**, магістр,  
Одес. нац. політехн. ун-т

## ВИЗНАЧЕННЯ СЕЛЕКТИВНОСТІ ФІЛЬТРУЮЧИХ ТКАНИН

**Вступ.** Енергоагрегати теплових і атомних електростанцій робочим тілом використовують хімічно знесолену воду. Особливу увагу приділяють очищенню турбінного конденсату, який забруднюється “присосами” охолоджуючої води внаслідок недостатньої щільності конденсатора. Це завдання вирішують блочні знесолюючі установки у складі механічних фільтрів і фільтрів змішаної дії.

Для вилучення колоїдних і зважених домішок, оксидів заліза і міді використовують механічні фільтри з насипним або намивним шаром. Недоліки їх постають в необхідності обслуговування з витратами води і реагентів на власні потреби.

Створення мембраноподібних технічних тканин дозволить розробити для очищення води мультимішечні фільтри, вільні від цих недоліків.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Вирішення питання відповідності фільтруючої тканини і домішок, що вилучаються, з води, яка обробляється, неможливо без порівняння геометричних показників порових каналів і частинок, що вилучаються.

Геометричні властивості внутрішньої структури тканин розглянуто в [1, 2]. Стверджується, що крім середнього розміру порових каналів необхідно враховувати їх звивистість, розподіл за розмірами та ін. [3].

Структурні властивості механічних домішок конденсату визначені переважно як інтервали можливих розмірів [4].

Домішки, які знаходяться в конденсаті, поділяють на такі групи: механічні (зважені), колоїдні, розчинні солі, нафтопродукти, розчинні гази.

Механічні домішки мають розміри більші за  $10^{-7}$  м. До них переважно відносять асоційовані продукти корозії конструкційних матеріалів ( $\text{FeO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  і  $\text{CuO}$ ), а також їх гідратовані форми ( $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ). Колоїдні домішки являють собою поєднання декількох тисяч молекул органічного походження і мають розмір від  $10^{-7}$  до  $10^{-8}$  м.

Вирішення питання можливості та доцільності використання поліпропіленових волокон і тканин з них як фільтруючого матеріалу для очищення турбінного конденсату від механічних домішок потребує відомостей про розподілення пор і частинок домішок за розмірами.

**Метою дослідження** є розробка методики використання розподілення пор і частинок домішок за розмірами для оцінювання ймовірності проникнення частини домішок через тканину.

**Викладення основного матеріалу.** Структурний склад механічних домішок досліджено в умовах працюючого енергоблока 300 МВт Запорізької ТЕС, обладнаного мультимішечним фільтром. Вилучені з фільтруючого елемента, що відпрацював 1440 годин, частинки розподілені на вісім однакових частин в прозорі контейнери для оптичного аналізу (рис. 1).

Підрахунок кількості частинок відповідного розміру виконано за допомогою масштабної сітки з комірною 0,1 мм. Для можливості масштабування частинок на рис. 1 відображено шкалу з кроком 1 мм.

DOI 10.15276/opus.1.45.2015.13

© В.І. Ковальчук, О.А. Дорож, А.П. Попова, 2015

На рис. 2 представлено графічну залежність частоти появи кількості частинок одного розміру на всьому інтервалі можливих розмірів. В інтервалі розмірів від 0 до 0,03 мм значення частоти появи отримані шляхом інтерполяції.

Інтерпольовані і усереднені результати використано для побудови інтегральної кривої сумарного розподілення частинок за розмірами (рис. 2, а). Для розрахунку середньозваженого розміру домішок виконано графічне диференціювання інтегральної залежності (рис. 2, б).

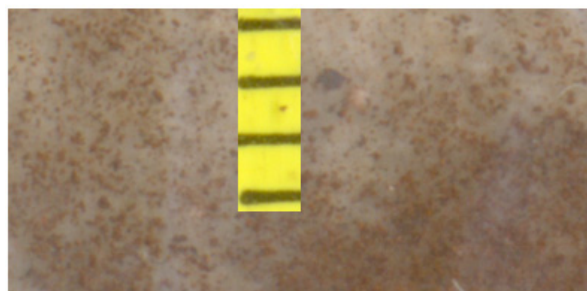


Рис. 1. Збільшене (×15) зображення частинок

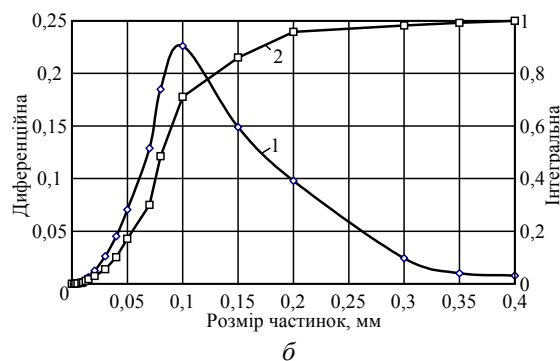
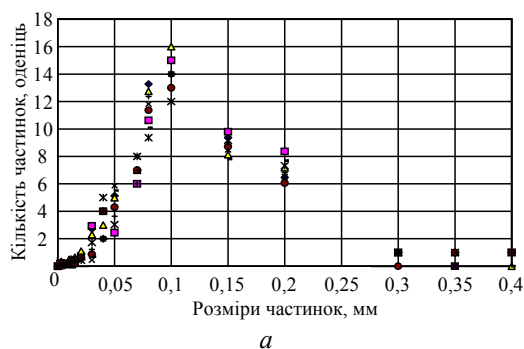


Рис. 2. Графічні залежності розподілення частинок за розмірами (а):  
◆ — проба 1, ■ — 2, ▲ — 3, × — 4, \* — 5, ● — 6, + — 7, — — 8;  
диференційна (1) та інтегральна (2) залежність (б)

За результатами дослідження знайдено середньозважений розмір частинок, який склав 0,11 мм, за співвідношенням:

$$d_{\text{сеп}} = \frac{\sum_{i=1}^N n_i \times d_i}{\sum_{i=1}^N n_i}, \quad (1)$$

де  $d_{\text{сеп}}$  — середньозважений розмір частинок, мм;  
 $d_i$  — розмір частинок, мм;  
 $n_i$  — кількість частинок відповідного розміру;  
 $N$  — загальна кількість частинок;  
 $i$  — рахунковий номер частинок.

Аналіз розмірів пор фільтруючого елемента. Скановані зображення фрагментів фільтруючого елемента, термін перебування в експлуатації якого становить 50...60 діб, показано на рис. 3. Для можливості масштабування на полі відображено каліброчну скобу товщиною 0,5 мм.

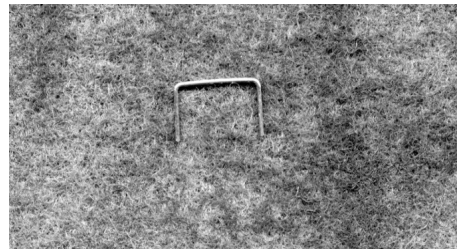


Рис. 3. Фрагмент фільтруючого елемента до (а) і після (б) експлуатації

В лівій частині на фрагменті чистої тканини (рис. 3, а) можна побачити пори фільтруючого матеріалу та оцінити їх розмір. В правій частині (рис. 3, б) пори більш рельєфні, тому що в їх глибині накопичено частинки, які осіли в цих порах.

Для аналізу структури фільтруючої тканини використана така сама методика, як і для аналізу структури частинок.

За даними дослідів побудовано графічну залежність частоти появи кількості пор одного розміру на всьому інтервалі можливих розмірів (рис. 4). В інтервалі розмірів від 0 до 0,025 мм значення частоти появи отримані шляхом підрахунку кількості пор в комірці відомого розміру.

Результати інтерполяції усереднені і використані для побудови інтегральної кривої сумарного розподілення частинок за розмірами. Для розрахунку середньозваженого розміру домішок виконано графічне диференціювання інтегральної залежності.

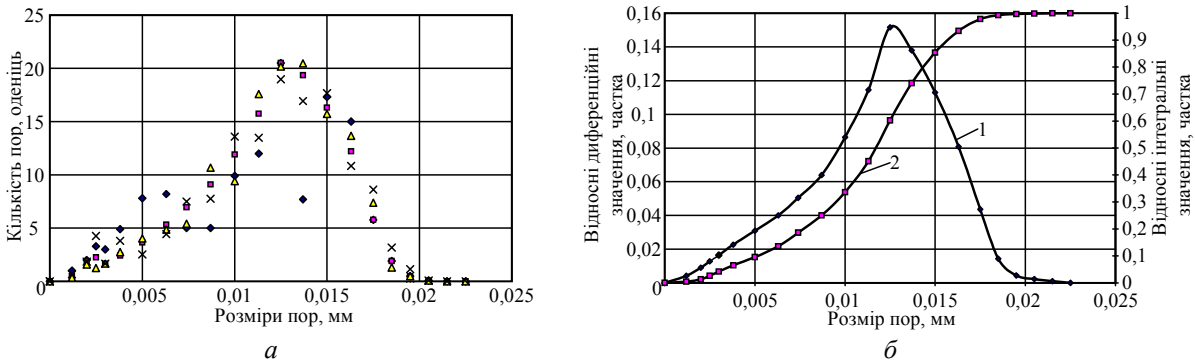


Рис. 4. Графічна залежність розподілення пор тканини за розмірами (а):

◆ — проба 1, ■ — 2, ▲ — 3, × — 4, \* — 5, ● — 6, + — 7, — — 8;  
диференційна (1) та інтегральна (2) залежність (б)

Для визначення еквівалентного діаметра, який склав 0,012 мм, використано формулу (1).

**Результати.** Основні результати проведеного аналізу:

— Порівняння середньозважених розмірів затриманих частинок і пор фільтруючого матеріалу дозволяє стверджувати про достатню щільність мультимішечного фільтру.

— Аналіз спільної побудови відносних розподілень за розмірами пор тканини і частинок (рис. 5) показує наявність ділянки, що належить обом розподіленням.

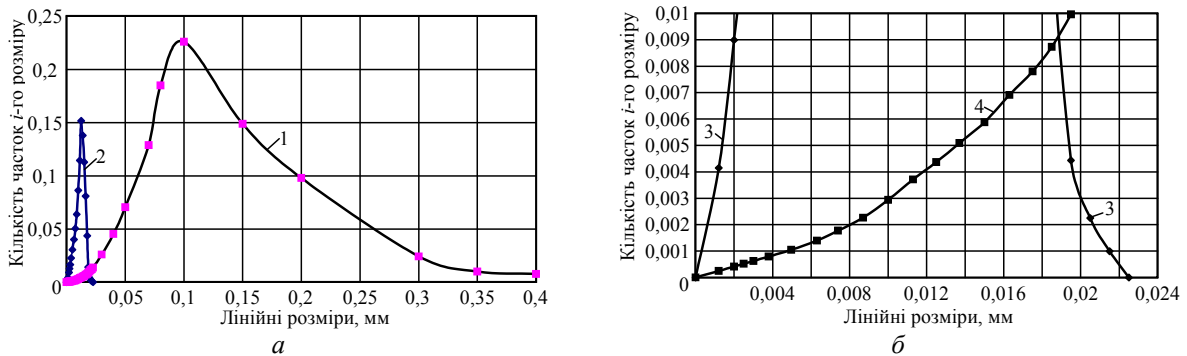


Рис. 5. Спільне розподілення частинок (1) і пор (2) за розмірами (а); збільшене зображення спільного розподілення частинок (3) і пор (4) (б)

На збільшеному зображенні видно, що ділянку можна розділити на дві частини: ліва належить розподіленню частинок, а права — залишку розподілення пор.

— Площина кожної частини ділянки у відносному виразі відповідає ймовірності події появи частинок (0,067846) або пор (0,002567) з інтервалу розмірів, що їм властивий. Добуток пло-

щин (0,000174) дає значення ймовірності одночасної появи подій, що еквівалентне ймовірності проникнення частинок через тканину.

— Віднімаючи від одиниці значення добутку, отримуємо характеристику селективності тканини мультимішечного фільтра стосовно механічних домішок конденсату. Селективність складає 99,98 %.

**Висновки.** Досліджено гранулометричний склад механічних домішок конденсату в умовах працюючого енергоблока.

Проаналізовано структури чистої фільтруючої тканини і після 1440 годин забруднення її зваженими в конденсаті частинками.

Розраховано селективність тканини мультимішечного фільтра стосовно механічних домішок конденсату як ймовірність одночасного появи подій “частинки розміру менш ніж” і “пори розміру більш ніж”.

Розрахована селективність тканини вказує на високу ефективність та доцільність використання таких фільтруючих елементів в системах очищення конденсату потужних енергоблоків.

### Література

1. Мухамеджанова, О.Г. Исследование фильтрующих характеристик термоскрепленных полотен air-laid для воздушных фильтров / О.Г. Мухамеджанова, С.Н. Слука // Технический текстиль. — 2005. — № 11. — С. 21 — 24.
2. Давлятёрова, Р.А. Перспективность применения углеродных волокнистых сорбентов для очистки воды от техногенных загрязнений / Р.А. Давлятёрова, А.Д. Смирнов, С.Н. Ткаченко // Водоснабжение и санитарная техника. — 2010. — № 10, ч. 2. — С. 12 — 17.
3. DuPont Typar Geosynthetics: [Електронний ресурс] // DuPont: The miracles of science. Wilmington, Delaware, U.S. Режим доступу: [http://www2.dupont.com/Typar/en\\_US/index.html](http://www2.dupont.com/Typar/en_US/index.html) (Дата звернення: 31.01.2015).
4. Тяпков, В.Ф. Состояние, основные проблемы и направления совершенствования водно-химического режима АЭС / В.Ф. Тяпков, Р.Б. Шарафутдинов // Теплоэнергетика. — 2007. — № 5. — С. 20 — 26.

### References

1. Mukhamedzhanova, O.G. and Sluka, S.N. (2005). Study of filtration characteristics of airlaid thermo bound fabrics for air filters. *Tekhnicheskij Textil*, 11, 21-24.
2. Davlyaterova, R.A., Smirnov, A.D. and Tkachenko, S.N. (2010). Perspectivity of application of carbon fibrous sorbents for water treatment for technogenic pollutions. *Water Supply and Sanitary Technique*, 10(2), 12-17.
3. DuPont: The miracles of science (n.d.). *DuPont Typar Geosynthetics*. Retrieved from [http://www2.dupont.com/Typar/en\\_US/index.html](http://www2.dupont.com/Typar/en_US/index.html)
4. Tyapkov, V.F. and Sharafutdinov, R.B. (2007). The current state, main problems and directions in improving water chemistry at NPSs. *Thermal Engineering*, 54(5), 356-362.

### АНОТАЦІЯ / АННОТАЦИЯ / ABSTRACT

*В.І. Ковальчук, О.А. Дорож, А.П. Попова.* **Визначення селективності фільтруючих тканин.** Для визначення відповідності фільтруючої тканини і домішок, що вилучаються з води, яка обробляється, при очищенні конденсату на електростанціях необхідне порівняння геометричних показників порових каналів і частинок, що вилучаються. Досліджено гранулометричний склад механічних домішок. Приведено методику розрахунку селективності фільтруючих тканин за результатами експериментального дослідження розподілення пор тканини і зважених домішок. Побудована інтегральна крива сумарного розподілення частинок за розмірами, і виконано графічне диференціювання інтегральної залежності для розрахунку середньозваженого розміру домішок. Отримано значення селективності як ймовірності одночасної появи подій “частинки розміру менш ніж” і “пори розміру більш ніж” фільтруючих тканин, що дозволяє оцінити доцільність та ефективність застосування мембраноподібних фільтруючих тканин в умовах штатної експлуатації водопідготовчих установок потужного енергоблока.

*Ключові слова:* конденсат, домішки, фільтруючі тканини, селективність.

*В.И. Ковальчук, О.А. Дорож, А.П. Попова. Определение селективности фильтрующих тканей.* Для определения соответствия фильтрующей ткани и извлекаемых из обрабатываемой воды примесей при очистке конденсата на электростанциях необходимо сравнение геометрических показателей поровых каналов и извлекаемых частиц. Исследован гранулометрический состав механических примесей. Приведена методика расчета селективности фильтрующих тканей по результатам экспериментального исследования распределения пор ткани и взвешенных примесей. Построена интегральная кривая суммарного распределения частиц по размерам, и выполнено графическое дифференцирование интегральной зависимости для расчета средневзвешенного размера примесей. Получено значение селективности как вероятности одновременного появления событий “частицы размера менее чем” и “поры размера более чем” фильтрующих тканей, что позволяет оценить целесообразность и эффективность применения мембраноподобных фильтрующих тканей в условиях штатной эксплуатации водоподготовительных установок мощного энергоблока.

*Ключевые слова:* конденсат, примеси, фильтрующие ткани, селективность.

*V.I. Kovalchuk, O.A. Dorozh, A.P. Popova. Determination of the filter fabrics' selectivity.* To determine the coincidence between the filter fabric and impurities removed from the treated water, at power plants' condensate it is necessary to compare the geometric parameters of pore channels and removed particles. Granulometric size distribution of mechanical impurities is investigated. The methodology of filter fabric selectivity calculation using results of fabric pores' and suspended impurities' distribution experimental study is exposed. The authors built an integral curve of particles' size cumulative distribution, with a graphical differentiation of integral dependency serving to calculate the average-weighted size of impurities. The value of selectivity parameter representing the probability of simultaneous occurrence for events: impurities' “particles size below...” and filter fabrics' “pore size above...” is obtained. This will allow an evaluation of the feasibility and effectiveness of membrane-type filter fabrics use at standard operation of a powerful unit' water treatment plants.

*Keywords:* condensate, impurity, filter fabric, selectivity.

Надійшла до редакції 26 січня 2015 р.