

УДК 621.187.121

## ЕНЕРГОЕФЕКТИВНА ТЕХНОЛОГІЯ МАГНІТНОГО ОЧИЩЕННЯ ВОДНИХ СИСТЕМ ВІД ДИСПЕРСНИХ ФЕРОМАГНІТНИХ ЗАБРУДНЕНЬ

**Гаращенко В.І. канд. техн. наук, доцент, Гаращенко О.В. аспірант,**

**Лук'янчук О.П. канд. техн. наук, доцент**

**Національний університет водного господарства та природокористування**

*Наведені результати дослідження з визначення величини феромагнітної фракції домішок при магнітному очищенні конденсату ТЕЦ. Досліджено вплив довжини намагніченої феромагнітної фільтруючої загрузки на коефіцієнт осадження феромагнітних домішок зворотного конденсату ТЕЦ.*

*The results of researches from determination of size of ferromagnetic fraction of admixtures at the magnetic purification of runback water of thermal station were shown. Influence of length of the magnetized ferromagnetic filtering nozzle on the coefficient of besieging of ferromagnetic admixtures of reverse runback water of thermal station was investigated.*

**Ключові слова:** магнітне осадження, магнітна фільтрація, феромагнітна загрузка.

На підприємствах харчової та хімічної промисловості для забезпечення технологічних процесів використовують високотемпературні конденсат і пар. Це здійснюється відомими котельнями, ТЕЦ або тепловими електростанціями (ТЕС). Виробничий конденсат, який повертається від споживачів на ТЕЦ або ТЕС забруднений домішками, концентрація яких перевищує норму в десятки, сотні разів [1]. Причиною наявності домішок є неперервна і прогресуюча в часі корозія, зношення технологічного та комунікаційного обладнання, наявність застарілих технологій виробництв. Встановлено, що основна маса цих домішок складається з залишкових сполук [2]. При концентрації залишкових домішок всього (0,02-0,2) мг/л на парогенеруючих поверхнях труб котлів та в проточній частині турбін утворюються так звані „зализи” відкладення [1,3]. Дослідженнями виявлено, що ці залишкові відкладення мають феромагнітні властивості. Такі відкладення збільшують термічний та гідрравлічний опір, погіршують тепlop передачу, призводять до перевитрат палива і теплової енергії, перепалу та розривів труб, зменшення потужності турбін, збільшення часу простою обладнання в ремонті і скорочення вироблення електроенергії. Відкладення залишкових домішок на парогенеруючих трубах в кількості 200-300 г/м<sup>2</sup> (це відповідає товщині відкладень не більше 0,3...0,5мм) обумовлює додатковий перегрів труб на 50-120 °C [4], а відкладення в кількості ~1кг на лопатках циліндра високого тиску турбін блоків потужністю 300 МВт викликає зменшення потужності на 5...10 МВт [5].

Енергоефективним методом очищення водних систем від феромагнітних залишкових домішок є метод магнітного осадження в поліградієнтних фільтруючих загрузках [1,3]. Запропонований метод є екологічно чистим, так як при його реалізації не використовуються хімічні реагенти, високошвидкісним (швидкість рідкого середовища, що фільтрується складає 200-300 м/год, а при фільтрації багатоконцентрованої водної суспензії – до 1000 м/год.) Метод дозволяє очищати рідкі середовища з температурою до 500 °C і осаджувати домішки розмірами 0,01-10 мкм[1,3].

Запропонований метод використовувався при очищенні зворотного конденсату ТЕЦ цукрового заводу. Якісні показники конденсату представлена в табл.1.

**Таблиця 1 – Якісні показники конденсату**

Fe	pH	K	Щ	Ж	Ca	Mg	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Спав
мкг/л		моль/м <sup>3</sup>	мг/л	мг/л	мл/л				
195	7,56	0	7,56	0,02	0,01	0,01	4,0	1,0	0,3

Для прийняття рішення про ефективне використання методу магнітного осадження принципове значення має знання величини феромагнітної фракції ( $\lambda$ ) залишкових домішок у конденсаті, що очищується.

Запропонований ефективний і простий метод визначення величини феромагнітної фракції домішок заліза у водних системах [6]. Метод заключається в циклічному фільтруванні проби води в магнітному фільтрі малої продуктивності. Для цього використовується об’єм досліджуваної води (2-5 л). Швидкість фільтрування для ефективного осадження встановлюється в межах 10-100 м/год. Фільтраційна загрузка використовується з феромагнітного корозійно стійкого матеріалу [3]. Досвід показує, що при викорис-

тannі даного методу вміст заліза стабілізується після 3-5 циклів очищення [6]. Для визначення  $\lambda$  у зворотному конденсаті ТЕЦ використовували лабораторний магнітний фільтр: швидкість фільтрування встановлювали 50 м/год., напруженість магнітного поля  $H=140\text{ kA/m}$ , висота феромагнітної фільтруючої загрузки  $L=0,78\text{ m}$ . Після 4 циклу концентрація заліза стабілізувалася і складала  $\sim 20\text{ mg/l}$ . З урахуванням вихідної концентрації заліза  $\sim 195\text{ mg/l}$  (див.табл.) відповідно отримаємо  $\lambda=0,897 \approx 0,9=90\%$ . Таким чином величина феромагнітної фракції у конденсаті ТЕЦ,  $\lambda=90\%$ . Перевагою даного методу є його оперативність, маневреність, можливість використання різних видів феромагнітних загрузок, а також використання різних джерел магнітного поля, як постійних магнітів, так і соленоїдів або електромагнітів.

Аналітично величину  $\lambda$  можна розрахувати використовуючи експериментальну залежність  $\psi$  від  $L$ . Наприклад для двох фіксованих значень  $L_1$  і  $L_2$  використовуючи відоме рівняння [7] запишемо:

$$1 - \frac{\psi_1}{\lambda} = \left(1 - \frac{\psi_2}{\lambda}\right)^{L_1/L_2} \quad (1)$$

Для розрахунку зручно брати дані  $\psi_1$  і  $\psi_2$  для  $L_1$  і  $L_2$ , що знаходяться в співвідношенні  $L_1/L_2=1/2$  або  $L_1/L_2=1/3$ . Тоді рівняння (1) відносно  $\lambda$  після перетворень запишеться

$$\lambda = \frac{\psi_1^2}{2\psi_1 - \psi_2} \quad \text{для } L_1/L_2=1/2 \quad (2)$$

$$\lambda = \frac{\sqrt{\psi_1^3}(\sqrt{4\psi_2} - 4,73\sqrt{\psi_1})}{2(3\psi_1 - \psi_2)} \quad \text{для } L_1/L_2=1/3 \quad (3)$$

Враховуючи, що величина коефіцієнта очищення

$$\psi = (C_0 - C)/C_0 \quad (4)$$

де  $C_0$  – концентрація домішок заліза на вході магнітного фільтра,  $C$  – на виході фільтра. Величини  $\psi_1$   $\psi_2$  в рівняннях (2), (3) можна замінити на величини  $C_0$ ,  $C_1$ ,  $C_2$ , які безпосередньо визначаються при дослідженнях процесу магнітного очищення. Використовуючи співвідношення (4), підставимо в рівняння (2) і (3) та отримаємо розрахункові формули для  $\lambda$ :

$$\lambda = \frac{(C_0 - C_1)^2}{C_0(C_0 - 2C_1 + C_2)} \quad \text{для } L_1/L_2=1/2 \quad (5)$$

$C_0$  – концентрація заліза на вході фільтра;  $C_1, C_2$  – концентрації заліза, що відповідають  $L_1$  і  $L_2$ .

$$\lambda = \frac{2(2C_0 - 3C_1 + C_2) \cdot (C_0 - C_1)}{C_0(3\sqrt{C_0 - C_1} + \sqrt{C_0 - 4C_2 + 3C_1}) \cdot \sqrt{C_0 - C_1}} \quad \text{для } L_1/L_2=1/3 \quad (6)$$

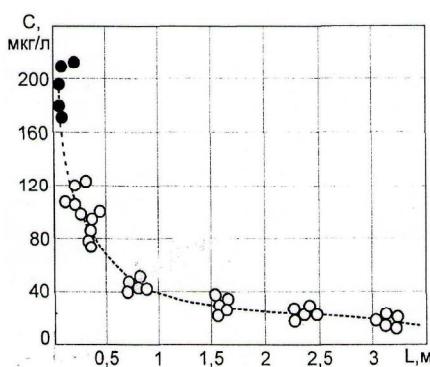


Рис. 1 – Залежність концентрації заліза від довжини намагніченої фільтруючої загрузки (конденсат ТЕЦ)

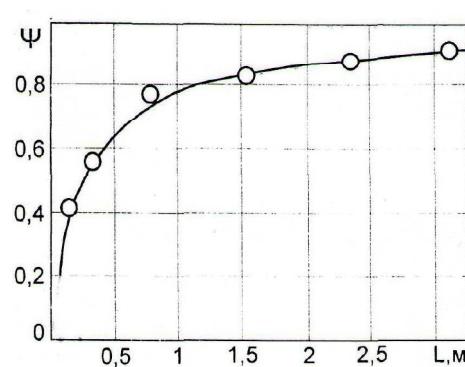


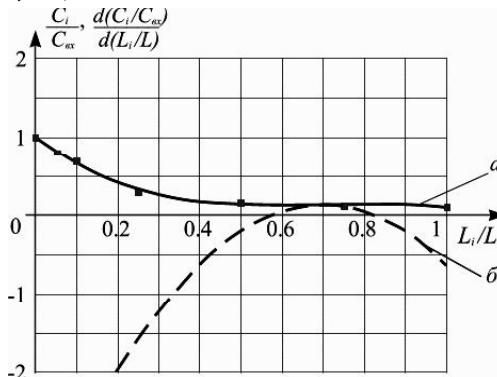
Рис. 2 – Залежність коефіцієнта очищення від довжини намагніченої фільтруючої загрузки (конденсат ТЕЦ)

Досліджували вплив висоти  $L$  намагніченої феромагнітної фільтруючої загрузки на концентрацію  $C$  залізовмісних домішок і коефіцієнт очищення  $\psi$  виробничого конденсату ТЕЦ. Висоту  $L$  змінювали від 0 до 3,12м (рис.1,2). В якості фільтруючої загрузки використовували гранули стружки з корозійно стійкої сталі 40Х13, дроблені таким чином, що еквівалентний діаметр складав 3-5мм. Напруженість маг-

нітного поля складала 140 кА/м., швидкість фільтрування  $v=50$  м/год. При  $L=0,15$  м., (рис.1) коефіцієнт очищення  $\psi$  складав 0,41, при  $L=0,75$ ,  $\psi=0,78$  (рис.2). При збільшенні  $L$  від 1,0 м до 3,12 м (рис.1) сповільнюється зменшення концентрації домішок. Коефіцієнт очищення  $\psi$  при  $L=1$  м складав 0,78, а при  $L=3,12$ ,  $\psi=0,9$  ( $\psi=90\%$ ).

$$C_i/C = -2,7840 \cdot (L_i/L)^3 + 5,8508 \cdot (L_i/L)^2 - 3,9750 \cdot (L_i/L) + 1 \quad (R^2=0,994) \quad (7)$$

$$\frac{d(C_i/C_{\alpha})}{d(L_i/L)} = -8,352 \cdot (L_i/L)^2 + 11,7016 \cdot (L_i/L) - 3,975 \quad (8)$$



**Рис. 3 – Крива кінетики (а) і диференціальна крива (б) магнітного очищення конденсату від заліза в намагнічений фільтруючій загрузці:**  
 $V=50$  м/год.,  $H=140$  кА/м.,  $t=0,3$  год.

Необхідно зауважити, що при  $L=0,8-1,0$  м (рис.1) концентрація заліза на виході магнітного фільтра складала  $C \approx 40$  мкг/л. Ця величина не перевищує встановлених норм для котельних агрегатів середнього тиску встановлених на ТЕЦ. Крива кінетики магнітного осадження домішок заліза (рис.3а) засвідчує, що величина  $C_i/C$  інтенсивно зменшується при зміні величини  $L_i/L$  до 0,35-0,4. Це свідчить про те, що основна маса домішок осаджується в початковий момент часу в перших шарах фільтруючої загрузки. При зміні  $L_i/L$  від 0,5 до 1,0 величина  $C_i/C$  змінюється всього на 5-8%. Крива (рис.3а) після математичної обробки апроксимується рівнянням 7. Коефіцієнт кореляції складає 0,994. Диференціальна крива магнітного очищення конденсату (рис.3б) засвідчує, що зона максимального осадження домішок у фільтруючій загрузці відповідає величині  $\frac{d(C_i/C_\alpha)}{d(L_i/L)} = 0,1236$  при  $L_i/L=0,7005$  і  $C_i/C=0,1295$ . Фронт зони максимального осадження домішок при вищеведених параметрах має координати 0,65-0,75 (рис.3б) і зміщений в сторону  $L_i>0,5L$ . Обробка результатів дослідів, що зображені на рис.3б дозволила апроксимувати криву рівнянням 8.

### Висновки

Показано, що метод магнітного очищення є енергоекспективним для покращення чистоти і якості водних систем. Дослідженнями встановлено, що величина феромагнітної фракції домішок у зворотному конденсаті ТЕЦ складає ~90%, а рекомендована довжина намагніченої фільтруючої загрузки при магнітному очищенні  $\approx 0,8-1,0$  м.

### Література

- Гаращенко В.І. Екологічно безпечний метод очистки текучих середовищ в намагнічених поліградісних насадках / Гаращенко В.І.// Проблеми фундаментальної і прикладної екології, екологічної геології і раціонального природокористування: IV Міжнародна науково-практична конференція., 19-21.03.2009р.: тези. доп. – Кривий Ріг 2009р. – с.125-127.
- Апользин П.А. Предупреждение коррозии металла подпиточного и сетевого трактов теплосети / Апользин П.А, Богачев А.Ф.// Труды ВТИ., 1975, вип.№5, М. «Энергия» с.63-70.
- Гаращенко В.І. Магніто-сорбційні властивості гранульованих фільтруючих насадок / Гаращенко В.І., Скрипник І.Г., Лук'янчук О.П., Гаращенко О.В. // Вісник Національного університету водного господарства та природокористування – 2008.-№3-с.184-191.
- Беляков И.И., Отложение магнетита в экранных котлах ТГМП-114 и опыт их удаления. / Беляков И.И., Красякова Л.Ю., Белоконева А.Ф.// Теплоэнергетика, 1974, №2, с.49-53.
- Живилова Л.М. Автоматический контроль водно-химического режима ТЭС. / Живилова Л.М., Назаренко П.Н., Маркин Г.П.// М.:Энергия, 1979, - 224с.

6. Сандуляк А.В. Определение магнитных форм соединений железа в водах электростанций./ Сандуляк А.В., Лазаренко Л.Н., Гаращенко В.И. и др.// – Изв. вузов. Энергетика, 1979, №9, с.46-50.
7. Сандуляк А.В. Очистка жидкостей в магнитном поле./ Сандуляк А.В.// Львов. „Вища школа”. 1984. - 166с.

УДК 663.938-027.332

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ И СЫРЬЕВЫХ РЕСУРСОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ РАСТВОРИМОГО КОФЕ

**Бурдо О.Г., Терзиев С.Г., Светличный П.И., Макиевская Т.Л.**  
**Одесская национальная академия пищевых технологий**

*В работе проведен анализ энергетических потерь и экологических проблем в технологиях пищеконцентратного производства. Рассматривается система комплексной утилизации теплоты и пыли готового продукта на основе термосифонного аппарата. Обсуждаются пути переработки кофейного шлама.*

*The analysis of energy loss and ecological problems in food concentrate production technologies has been given. The system of complex heat and final product dust utilization based on thermosiphon apparatus is considered. Ways of coffee sludge reprocessing are discussed.*

**Ключевые слова.** Энергетика пищевых концентратов, утилизация теплоты, кофейный шлам.

**Введение.** Производство сухих пищевых концентратов является энергоемкой отраслью в АПК [1]. Задача сохранения продукта длительное время требует энергетически затратных операций обезвоживания. Самостоятельной и важной проблемой является совершенствование технологий производства растворимого кофе. Кроме серьезных энергетических проблем, открыты вопросы по утилизации многотоннажных отходов производства – кофейного шлама.

**Комплексное решение проблем экологии и энергоэффективности при производстве растворимого кофе.** Энергоемким оборудованием отрасли являются: варочные аппараты, выпарные установки, распылительные, барабанные и конвейерные сушилки, нагреватели и охладители, пастеризаторы и стерилизаторы, экстракторы, воздушные компрессоры.

Оборудование технологий получения пищевых концентратов широко использует электрическую энергию. Для электрических систем применимы все общие принципы экономии электроэнергии: использование частотных преобразователей для управления производительностью насосов, вентиляторов, компрессоров, центрифуг, и др. машин; согласование мощностей привода и машины;

установка эффективных систем освещения; оптимизация режимов работы систем для кондиционирования воздуха.

Основным энергоносителем в балансе пищеконцентратного предприятия является топливо и водяной пар. Типичные приемы снижения расхода топлива и пара направлены на ликвидацию потерь в окружающую среду от элементов оборудования, с отработавшим теплоносителем. Резервы снижения расхода топлива реализуются при ликвидации прямых потерь пара, конденсата, воды, топлива и др. ресурсов; при установке тепломассоутилизаторов и усилении тепловой изоляции трубопроводов, арматуры, наружных поверхностей оборудования.

Оптимизация конструктивных и режимных параметров тепломассоутилизатора и выбор тепловой изоляции проводятся на основе энергетических обследований конкретной технологической линии. Так, в линии производства растворимого кофе тепломассоутилизатор снижает расход топлива на 17...18 %, и улавливает до 99 % кофейной пыли из аэрозольных выбросов сушилки [2]. Срок его окупаемости: до 9 месяцев. Использование автономных термосифонов облегчает задачу оптимизации конструктивных параметров, позволяет установить экономичный утилизатор, максимально соответствующий нагрузке [3].

**Энергетические проблемы процесса экстрагирования.** Экстрагирование является ключевым процессом при производстве растворимого кофе. Это трудоемкий, энергозатратный процесс, который требует сложного оборудования.

Условия работы экстракторов в линии производства растворимого кофе: