

О. П. Галкіна, Т. О. Шевченко

Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Україна

## ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ТЕПЛООБМІННОГО ОБЛАДНАННЯ СИСТЕМ ОБОРОТНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ КОКСОХІМІЧНИХ ПІДПРИЄМСТВ

У статті розглянуті питання техніко-економічної ефективності роботи теплообмінного обладнання систем оборотного водопостачання коксохімічних підприємств. Розраховано економічний ефект від застосування нових технологічних рішень щодо підвищення ефективності роботи оборотних систем водопостачання на ПрАТ «Харківський коксовий завод», які вможливають зменшення скидання стічних вод і споживання свіжої технічної води. Наведені техніко-економічні розрахунки доводять позитивний ефект від пропонувананих технологічних рішень.

**Ключові слова:** фенольні стічні води, оборотне водопостачання, коксохімічні підприємства, техніко-економічна ефективність

### Постановка проблеми

Промислові підприємства є основними споживачами води з водних джерел, яка використовується в оборотних системах та технологічних циклах промислових підприємств. Особливість коксохімічного виробництва полягає в тому, що в процесі переробки основної сировини (вугілля) в якості побічного продукту утворюється пірогенетична вода – фенольні стоки, які є небезпечними в екологічному відношенні джерелами забруднень водою. До основних забруднень фенольних стічних вод належать феноли, роданіди, цианіди, аміак, смоли, масла, завислі речовини, шкідливі органічні і неорганічні домішки. Концентрація даних забруднень у стічних водах, що скидаються у водні об'єкти, лімітується санітарними нормами [1-4].

Тому, навіть скоротивши витрату свіжої води до можливого мінімуму, стічні води будуть утворюватися через вологу вугільної шихти, пірогенетичної вологи, а також в результаті конденсації пару, що використовується в технологічному процесі. Отже, забезпечення надійного і екологічно безпечного водоспоживання є економічно, технологічно та ефективно доцільним при виборі методу очищення фенольних стічних вод та є метою даного дослідження.

### Аналіз останніх досліджень і публікацій

Питаннями вивчення оборотних систем водопостачання коксохімічних підприємств і методами підвищення ефективності їхньої роботи займалися видатні вчені, фахівці та інженери:

Г. І. Папков, В. Ю. Привалов, Л. І. Хлапкова, М. С. Вінарський, Г. С. Пантелят, Д. І. Кучеренко, М. Й. Григорук, Кагановський О. М., С. С. Душкін, С. М. Епоян, В. А. Андронов, В. І. Гладков, В. Ф. Костенко, С. В. Яковлев, Т. М. Сабірова, М. Erken, М. А. Quraishi, V. S. Sastri, Ch. Li, S. Deng та ін. Однак існуючі методи підвищення ефективності роботи оборотних систем водопостачання коксохімічних підприємств при використанні фенольних стічних вод у якості підживлення системи не завжди прийнятні, оскільки вони приводять до збільшення корозійної активності оборотної води, вмісту завислих речовин, біообростання та ін., а також потребують зниження експлуатаційних витрат.

Удосконалення технологій відбувається шляхом створення умов для повторного використання очищених фенольних стічних вод, максимального скорочення використання свіжої технічної води й переведення підприємства на замкнений режим тощо. При скороченні (економії) споживання свіжої води на виробничі цілі відповідно зменшуватиметься і витрата стічних вод, що надходять в міську каналізацію [5, 6].

Результати обстеження існуючого стану споруд і обладнання біохімічної установки (БХУ) водно-каналізаційного господарства на ПрАТ «Харківський коксовий завод», вивчення проектної і технологічної документації, а також досвід роботи інших коксохімічних підприємств свідчать про необхідність зміни існуючої схеми водокористування підприємства, а саме:

1. Мінімізувати або припинити скидання фенольних стоків у міську каналізацію. Очищені

фенольні води подавати для підживлення «чистого» водообігового циклу, не змішуючи їх з іншими стоками заводу. Для їхнього очищення необхідно відновити регулярну роботу БХУ.

2. Організувати додаткове відстоювання фенольних стоків перед їхньою подачею на охолодження для виключення засмічення холодильників смолистими речовинами, які залишилися після уловлювання смоли і нафталіну у відділенні конденсації.

Унаслідок експериментальних досліджень, виконаних у [7, 8], науково обґрунтовано можливість і доцільність застосування промислових стічних вод коксохімічного виробництва (очищених фенольних стічних вод) як підживлення у процесі інгібіторного захисту теплообмінного обладнання.

У запропонованому способі [6, 7, 9] утилізації стічних вод промислових підприємств, які містять амонійний азот, шляхом їхнього використання як додаткової води для підживлення систем оборотного водопостачання рекомендується здійснювати дозування композиції для запобігання корозії, включаючи нітрифікацію, а кондиціонування води здійснюють в окремій ємності з подальшим фільтруванням і обробленням ультрафіолетовими променями та дозуванням в оборотну систему [9]. Таким чином, пропонується застосовувати спосіб утилізації стічних вод коксового заводу шляхом їхнього застосування як додаткової води для підживлення систем оборотного водопостачання (у співвідношенні 1 : 4).

У результаті проведених експериментальних досліджень, виконаних раніше на ПрАТ «Харківський коксовий завод» встановлено, що застосування пропонованих технічних рішень дає змогу знизити скидання стічних вод у міську каналізаційну мережу на 36 000 м<sup>3</sup>/рік і споживання свіжої технічної води на 52 000 м<sup>3</sup>/рік, а також збільшити термін служби устаткування з 6,5 до 8 років [6]. Зазначені заходи вможливають поліпшення водно-екологічної ситуації, раціональне використання водних ресурсів на підприємстві, тобто скорочення оплати, внесеної за споживання водних ресурсів і скидання стічних вод заводу.

Аналіз результатів досліджень показав, що підвищення ефективності роботи систем оборотного водопостачання коксохімічних підприємств не завжди може бути досягнуто через технічні і економічні чинники.

Питаннями оцінювання ефективності інвестиційних проектів займалися такі вітчизняні вчені, як Г. К. Агаджанов, Ю. П. Адлер, В. І. Тітяєв, Д. Е. Ханк, І. І. Мазур, В. Д. Шапіро, Н. Г. Ольдерогге, І. А. Бланк та ін. [10-13]. Широкого застосування набув метод максимізації чистої приведеної вартості та мінімізації терміну

окупності, адже він враховує вартість грошей у часі, а так само оцінювання можливих альтернативних варіантів технологій для підвищення ефективності оборотної системи обслуговування. Загалом, усі варіанти економічного оцінювання розглядають мінімізацію витрат. Варіанти, засновані на витратах, враховують доходи і обсяги перевезень як константу, хоча в сучасних ринкових умовах доходи та витрати – це змінні величини.

Існуючі методи економічного оцінювання недостатньо враховують вартість грошей у часі, при цьому можливі ризики пов'язані з інвестиціями і можливо застосовувати інші альтернативні варіанти використання інвестицій. Незважаючи на істотні відмінності між типами проектів, їх експертиза проводиться згідно єдиних обумовлених принципів.

У роботі розглядається економічне оцінювання через розрахунок чистої приведеної вартості і терміну окупності. Термін окупності має позитивні значення, чиста приведена вартість може приймати позитивні і негативні значення. Аналіз існуючих методик проектного аналізу показав велику ефективність методики, яка передбачає оцінювання запропонованих технологічних рішень за чистим дисконтованим доходом, індексом прибутковості та внутрішньої норми прибутковості [14].

**Метою роботи** є оцінювання та розрахунок техніко-економічної ефективності роботи теплообмінного обладнання систем оборотного водопостачання коксохімічних підприємств після впровадження нової технології [6-9]. Розглядаючи мінімізацію витрат, економічний ефект є частиною загального економічного ефекту від впровадження розробленого методу, який складається зі: збільшення терміну служби обладнання і труб, заміни частини свіжої технічної води фенольними стічними водами і мінімізацією скидання стічних вод. Для визначення економічного ефекту запропонованих заходів розглядали експлуатаційні витрати на обладнання, капітальні та додаткові витрати. У результаті економія досягається за рахунок скорочення витрати свіжої води на підживлення оборотної системи і за рахунок скорочення витрат скидання стічних вод в міську каналізаційну мережу.

### Виклад основного матеріалу

Техніко-економічна ефективність роботи теплообмінного обладнання систем оборотного водопостачання коксохімічних підприємств залежить від багатьох компонентів, серед яких можна виділити: фізико-хімічні показники оборотної води, забруднення і солі, що містяться в ній, застосовувані матеріали та особливості конструкції, типи споруд і режими роботи в умовах теплопередачі тощо. У таких умовах, оптимізація

роботи окремих компонентів оборотної системи без урахування умов функціонування всієї системи не доцільна. Для дослідження роботи оборотної системи необхідно визначити її межі. У даній роботі розглянуто замкнену оборотну систему, яка складається з: трубопроводу, системи підживлення, теплообмінного обладнання з градирнею, системи скидання.

У умовах підвищення екологічних вимог до скидання стічних вод у водойми будівництво нових об'єктів або реконструкція, розширення, технічна зміна обладнання чи діючої технології обумовлює те, що необхідно розраховувати техніко-економічну ефективність для обґрунтування інженерних рішень [6, 15, 16].

Проект складається з кількох етапів: ідентифікація, підготовка, реалізація, експлуатація, післяпроектний аудит. На етапах ідентифікації створюється ідея майбутнього проекту. Ідеєю проекту є підвищення ефективності роботи системи оборотного водопостачання коксохімічних підприємств. Мета проекту досягається в результаті реалізації технології підживлення оборотного циклу через змішування артезіанської і фенольної води, очищеної після БХУ, а також застосування інгібіторної композиції в оборотному циклі. Дії проекту спрямовані на збільшення терміну служби обладнання оборотного водопостачання коксохімічного підприємства, зменшення витрат на видобуток і скидання води, і розрахунку ефективної дози інгібітору. Ефективність роботи системи визначається порівнянням витрат різних технологічних варіантів.

Реалізація проекту передбачає формування етапів і основних розрахунків для його впровадження. Етап реалізації проекту спрямований на дії, які передують експлуатації, без яких не можлива експлуатація проекту. До таких дій можна віднести:

- розроблення та затвердження проекту на будівництво, реконструкцію, капітальний ремонт ємності для змішування води ( $K_0^{np}$ );
- будівництво, реконструкція, капітальний ремонт ємності для змішування води ( $K_0^{crk}$ );
- пуско-налагоджувальні роботи ( $K_0^{nn}$ ).

У такому випадку капітальні витрати в періоді реалізації проекту, можна знайти як:

$$K_0^{обц} = K_0^{np} + K_0^{crk} + K_0^{nn} \quad (1)$$

Капітальні витрати відображають інвестиції, які потрібно залучити для реалізації проекту.

На об'єкті дослідження існує вже порожній резервуар, який можна використовувати для

змішування. Тому капітальні витрати проекту можна знайти, як витрати на проектування  $K_0^{np} = 30$  тис. грн. і витрати на пусконаладжувальні роботи  $K_0^{nn} = 45$  тис. грн., що в сумі становить 75 тис. грн. згідно з даними, наданими підприємством.

Експлуатація проекту передбачає механізм його функціонування, що починається з моменту його виведення на повну потужність і триває до тих пір, поки існують інвестиційні вигоди від реалізації проекту.

До експлуатаційних витрат в даних інвестиційних витратах відносять:

- витрати на ремонт і заміну деталей обладнання;
- витрати на ремонт обладнання і труб;
- витрати на застосування інгібіторної композиції;
- витрати на видобуток зі свердловини і подачу води в систему;
- витрати на скидання води.

Потреба в запасних частинах для ремонту труб і устаткування визначається за термінами служби деталей або труб за відсотком їхньої заміни.

Під відсотком заміни розуміють максимальну кількість замін деталей при ремонті обладнання. Між терміном служби деталі і відсотком заміни існує зворотна залежність:

- для обладнання:

$$\psi_i^{py} = 1 / T_i^{py}, \quad (2)$$

де  $\psi_i^{py}$  – коефіцієнт змінюваності деталі обладнання;

$T_i^{py}$  – термін служби деталі, рік.

- для трубопроводів:

$$\psi_i^{pm} = 1 / T_i^{pm}, \quad (3)$$

де  $\psi_i^{pm}$  – коефіцієнт змінюваності труб в оборотній системі;

$T_i^{pm}$  – термін служби труби, років.

Термін служби деталей знаходився на основі дослідно-статистичних даних, отриманих на підставі матеріальної бази дослідження на ПрАТ «Харківський коксовий завод», де впроваджувався проект. Середній термін служби обладнання склав:

$$T_i^{py} = \frac{h_{py} \cdot \sigma_{cx}}{S_{cor}} = \frac{6 \cdot 0,95}{0,667} = 8,97 \text{ років.} \quad (4)$$

де  $h_{py}$  – товщина стінок обладнання (градирні), мм;

$\sigma_{ск}$  – коефіцієнт варіації глибин розширення, який показує нерівномірність перебігу швидкості корозії від розрахункового варіанту;

$S_{cor}$  – середня швидкість корозії за розглянутий період у проекті, мм/рік.

$$\sigma_{ск} = \frac{S_{cor}^{max}}{S_{cor}}, \quad (5)$$

де  $S_{cor}^{max}$  – максимальна швидкість корозії за розглянутий період, мм/рік.

Середній термін служби труб склав:

$$T_i^{pm} = \frac{h_{pm} \cdot \sigma_{ск}}{S_{cor}} = \frac{4 \cdot 0,95}{0,667} = 5,67 \text{ років.} \quad (6)$$

Порівняння отриманих результатів терміну служби обладнання і труб збігається зі статистичними даними експлуатації на об'єкті дослідження: для обладнання – 9 років, труб – 6 років.

Витрати на ремонт та обслуговування обладнання визначають за формулою:

$$C_k^{py} = \frac{\psi_i \cdot N_i \cdot \Pi_i}{100}, \quad (7)$$

де  $N_i$  – номінальна кількість деталей для обладнання, од.;

$\Pi_i$  – ціна  $i$ -ої запчастини з урахуванням доставки і роботи пов'язаних з їхнім демонтажем і установкою, грн/од.

Витрати на заміну і ремонт труб різного діаметру можна знайти за наступною залежністю:

$$C_k^{pm} = \frac{\psi_j \cdot N_j \cdot \Pi_j}{100}, \quad (8)$$

де  $N_j$  – номінальна кількість відповідних труб, м.п.;

$\Pi_j$  – ціна  $j$ -ої труби з урахуванням доставки і роботи пов'язаних з їхнім демонтажем і установкою, грн/м.п.

Існуючі витрати на умовах незмінності технології та кількості води в оборотному циклі  $Q^{об} = const$ :

$$\psi_i^{py} = 1/9 = 0,11;$$

$$C_{py} = 0,11 \cdot 300000 \cdot 1 = 33333,33 \text{ грн/рік;}$$

$$\psi_i^{pm} = 1/6 = 0,177;$$

$$C_{pm} = \sum_1^J 0,177 \cdot 28000 \cdot 110 = 513333,33 \text{ грн/рік}$$

Витрати для проектних змін за умови незмінності технології та кількості води в оборотному циклі  $Q^{об} = const$ , термін експлуатації обладнання  $T_i^{py}$  та труб  $T_i^{pm}$  в проектному варіанті склав:

$$T_i^{py} = \frac{h_{py} \cdot \sigma_{ск}}{S_{cor}} = \frac{6 \cdot 0,95}{0,2} = 28,5 \text{ роки;}$$

$$T_i^{pm} = \frac{h_{pm} \cdot \sigma_{ск}}{S_{cor}} = \frac{4 \cdot 0,95}{0,2} = 19 \text{ років;}$$

$$\psi_i^{py} = 1/28,5 = 0,035;$$

$$C'_{py} = 0,035 \cdot 300000 \cdot 1 = 10500,00 \text{ грн/рік;}$$

$$\psi_i^{pm} = 1/19 = 0,053;$$

$$C'_{pm} = \sum_1^J \frac{0,053 \cdot 28000 \cdot 110}{100} = 163240,00 \text{ грн/рік.}$$

У даний час в теплообмінному обладнанні системи оборотного водопостачання ПрАТ «Харківський коксовий завод» відбувається корозія, що призводить до передчасного виходу з ладу обладнання. Використання з метою підживлення системи оборотного водопостачання фенольних стічних вод за розробленим у процесі виконання досліджень інгібіторного методу захисту теплообмінного обладнання і способу підготовки й подачі цих вод дає змогу:

- запобігати корозії теплообмінного обладнання при відсутності щільних сольових відкладень, що значно збільшує термін його служби;

- знизити експлуатаційні витрати.

Економічний ефект є частиною загального економічного ефекту від впровадження розробленого способу, який складається зі: збільшення терміну служби обладнання і труб, заміни частини свіжої технічної води фенольними стічними водами і мінімізацією скидання стічних вод:

$$\Delta E_i^{заг} = (C'_{py} - C_{py}) + (C'_{pm} - C_{pm}) + E_{відж} + E_{скид} - C_{інг} - K_0^{заг}, \quad (9)$$

де  $C_{інг}$  – витрати, пов'язані з використанням інгібітора, грн.

$E_{\text{підж}}$  – економія витрат у зв'язку зі скороченням витрати свіжої підживлювальної води, грн.;

$E_{\text{скид}}$  – економія витрат у зв'язку зі скороченням витрати скиду очищених фенольних стічних вод у міську каналізаційну мережу, грн.

На заводі відповідно до запропонованого проекту буде застосовуватися суміш інгібітора корозії з інгібітором нітрифікації, які разом будуть утворювати інгібіторну композицію. Розрахунок витрат пов'язаних із застосуванням інгібіторної композиції наведено в табл. 1, а техніко-економічні показники від впроваджуваних заходів в табл. 2.

Таблиця 1  
Додаткові витрати у зв'язку із застосуванням реагентів

№	Спосіб оброблення	Ціна реагентів за 1 кг, грн/кг	Витрата реагентів, т/рік	Ціни на витрату реагентів, грн/рік
Інгібіторна композиція:				
1	поліфосфат	18,75	1,825	34218,75
2	рідке скло(силікат)	7,875	3,65	28743,75
3	інгібітор нітрифікації:	68,8	0,055	3440
	1) о-фосфатна кислота;	33,8		
	2) амоній роданістий	35		
<b>Усього за п.п. 1+2+3</b>		<b>95,425</b>	<b>5,53</b>	<b>66402,5</b>
Композитний коагулянт:				
4	сульфат заліза(II)	0,9	35,00	31500
5	хлорид алюмінію	50	10,416	520800
<b>Усього за п.п. 4+5</b>				<b>552300</b>
Флокулянт:				
6	Extraflock або Besfloc	105	5,26	552300

Економія витрат у зв'язку зі скороченням витрати свіжої (технічної) води на підживлення оборотного циклу при ціні 2 грн/м<sup>3</sup> складала:

$$E_{\text{підж}} = C_{\text{св}} \cdot (Q_{\text{підж}}^{\text{до}} - Q_{\text{підж}}^{\text{після}}) = \text{грн/рік. (10)}$$

$$= C_{\text{св}} \cdot \Delta Q_{\text{техн}} = 2 \cdot 52000 = 104000$$

Таблиця 2  
Техніко-економічні показники впроваджуваного методу роботи оборотних систем водопостачання

№ п/п	Назва показників	Од. вим.	Базовий варіант	Після впровадження нової технології
1	Ємність для змішування води	м <sup>3</sup>	100	100

Продовження табл. 2

2	Проектування, реконструкція, капітальний ремонт ємності для змішування*	тис. грн	-	30
3	Пусконаладжувальні роботи*	тис. грн	-	45
<b>4</b>	<b>Усього за п.п. 1+2+3</b>	<b>тис. грн</b>	<b>-</b>	<b>75</b>
5	Номінальна кількість деталей для технологічного обладнання	тис. од.	300	300
6	Ціна запчастини з урахуванням доставки і роботи пов'язаної з її демонтажем і установкою	грн/од	1	1
<b>7</b>	<b>Витрати на ремонт і обслуговування обладнання</b>	<b>тис. грн/рік</b>	<b>33,333</b>	<b>10,5</b>
8	Номінальна кількість відповідних труб	м.п.	28000	28000
9	Ціна труби з урахуванням доставки і роботи, пов'язаної з її демонтажем і установкою	грн/м.п.	110	110
<b>10</b>	<b>Витрати на заміну і ремонт труб різного діаметру</b>	<b>тис. грн/рік</b>	<b>513,333</b>	<b>163,240</b>
11	Ціна забору технічної води	грн/м <sup>3</sup>	2	2
12	Ціна скиду фенольних стічних вод	грн/м <sup>3</sup>	6,5	6,5
13	Кількість споживаної технічної води	тис. м <sup>3</sup> /рік	118	66
14	Кількість фенольних стічних вод, які скидаються в міську каналізаційну мережу	тис. м <sup>3</sup> /рік	84,972	49,056
15	Ціна оброблення води коагулянтами	тис. грн/рік	552,3	552,3
16	Ціна оброблення води інгібіторною композицією	тис. грн/рік	-	66,4025

\*Згідно даними, представленими підприємством.

Економія витрат у зв'язку зі скороченням витрати скидання фенольних стічних вод в міську каналізаційну мережу, за встановленим для підприємства тарифом, за ціною 6,5 грн/м<sup>3</sup> складала:

$$E_{\text{скидс}} = \Pi_{\text{скид}} \cdot \Delta Q_{\text{скид}} = \quad (11)$$

$$= 6,5 \cdot 35916 = 233454 \text{ грн}$$

Річний економічний ефект від використання запропонованих технічних і технологічних рішень розраховували за формулою:

$$\Delta E_i^{\text{заг}} = (33,333 - 10,5) + (513,333 - 163,24) + 104 + 233,454 - 66,403 - 75 =$$

$$= 568,9775 \text{ тис. грн}$$

Таким чином, економічний ефект від впровадження системного підходу до корозійного захисту теплообмінного обладнання з урахуванням використання фенольної води як підживлювальної і розробленої інгібіторної композиції в перший рік експлуатації склав 568 977,5 грн/рік.

### Висновки

1. Встановлено, що техніко-економічне оцінювання роботи теплообмінного обладнання на коксохімічних підприємствах є частиною загального економічного ефекту від впровадження розробленого методу [9], який складається з: збільшення терміну служби обладнання і труб, заміни частини свіжої технічної води фенольними стічними водами і мінімізацією скидання стічних вод.

2. Виконані техніко-економічні розрахунки доводять позитивний ефект від запропонованих технологічних рішень щодо підвищення ефективності роботи теплообмінного устаткування коксохімічних підприємств, зокрема ПрАТ «Харківський коксовий завод», який становить 568 977,5 грн/рік.

3. Встановлено, що у результаті проведених досліджень економія досягається за рахунок скорочення витрати свіжої води на підживлення оборотної системи на 104 тис. грн і за рахунок скорочення витрат скидання стічних вод в міську каналізаційну мережу на 233, 455 тис. грн., що дозволяє зменшити скидання на 36 000 м<sup>3</sup>/рік і споживання свіжої технічної води на 52 000 м<sup>3</sup>/рік.

### Література

1. Рожков, В. С. Використання біологічно очищених стічних вод у системах оборотного водопостачання коксохімічних підприємств [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук : спец. 05.23.04 – водопостачання, каналізація / В. С. Рожков; Харків. держ. техн. ун-т буд-ва та арх. – Харків, 2008. – 14 с.
2. Бальцер, Д. В. Использование очищенных фенольных сточных вод в водоснабжении коксохимического производства [Текст] / Д. В. Бальцер, Л. Б. Павлович // Водоснабжение и санитарная техника. – 2012. – № 12. – С. 52–58.

3. Hartwick, D. (2001) Water Treatment In Closed Systems. *ASHRAE Journal, February*, 30–38.
4. Маргарян, М. Г. (2018) Характеристика забруднень стічних вод коксохімічних підприємств [Текст] / М. Г. Маргарян // Матеріали XI Всеукраїнської студентської науково-технічної конференції «Сталій розвиток міст», 24-26 квітня 2018 р., Харків. – 125-127.
5. Галкина, Е. П. Рациональное использование замкнутых систем водоснабжения коксохимических предприятий и оборотных циклов их водоснабжения [Текст] / Е. П. Галкина // Ресурсосбережение и энерго-эффективность инженерной инфраструктуры урбанизированных территорий и промышленных предприятий : II междунар. науч.-техн. конф., 2–27 февраля 2016 г., г. Харьков : матер. конф. – Харьков : ХНУГХ им. А. Н. Бекетова, 2016. – С.18–20.
6. Галкина, Е. П. Повышение эффективности работы оборотных систем водоснабжения коксохимических предприятий [Текст] / Е. П. Галкина // Научовий вісник будівництва. – Харків : ХНУБА, 2016. – Т. 86. – № 4. – С. 232-235.
7. Nesterenko, S. V., Tkachev, V. A., Smilka, E. P. (2013) Reducing the Corrosion Losses of Metals when Using Phenolic Wastewater in Coke-Plant Cooling Systems. *Coke and Chemistry*, 56, 8, 286–291.
8. Galkina, O. (2016) Corrosion Rates in Water-Circulation Systems at Coke Plants. *Coke and Chemistry*, 59, 7, 271–275.
9. Пат. 109035 Україна С 23 F 11/18, С 02 F 1/50. Композиція для запобігання корозії металів в оборотних системах та спосіб утилізації стічних вод промислових підприємств, які містять амонійний азот [Текст] / С. В. Нестеренко, О. П. Смілка, В. І. Григоров, Л. Д. Канцедал, Л. П. Банніков, В. О. Ткачов (Україна) ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – № 2013 07467 ; заявл. 12.06.13 ; опубл. 10.07.15, Бюл. № 13.
10. Способы защиты оборудования от коррозии [Текст]: справ. руков. / А. М. Сухотин, Е. И. Чекулаева, В. М. Княжева, В. А. Зайцев; под ред. Б. В. Строкана, А. М. Сухотина. – Л. : Химия, 1987. – 280 с.
11. Гетьманцев, С. В. Очистка производственных сточных вод коагулянтами и флокулянтами [Текст] / С. В. Гетьманцев, И. А. Нечаев, Л. В. Гандурина – М. : Науч. изд-во АСВ, 2008. – 272 с.
12. Драгинский, В. Л. Коагуляция в технологии очистки воды [Текст] / В. Л. Драгинский, Л. П. Алексеева, С. В. Гетьманцев // Науч. изд. – М., 2005. – 576 с.
13. Запольский, А. К. Коагулянты и флокулянты в процессах очистки воды [Текст] / А. К. Запольский, А. А. Баран. – Л. : Химия, 1987. – 208 с.
14. Опыт применения новых коагулянтов на основе солей алюминия [Текст] / В. Е. Соловьёв и др. // Новые технологии и оборудование в водоподготовке и водоотведении. – М. : ВИМИ, 2000. – Вып. 2. – С. 155–159.
15. Агаджанов, Г. К. Економіка водопровідно-каналізаційних підприємств [Текст]: навч. посіб. / Г. К. Агаджанов ; Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. – 2-е вид., перероб. та доп. – Х. : ХНАМГ, 2010. – 392 с.
16. Соколов, Л. И. Инвестиционное проектирование объектов и систем водоснабжения и водоотведения

[Текст]: учебн. пособ. / Л. И. Соколов. – Вологда : ВоГТУ, 2002. – 47 с.

### References

1. Rozhkov, V. S. (2008). Viktoristannya biologichno ochishchenih stichnih vod u sistemah oborotnogo vodopostachannya koksohimichnih pidpriemstv. *Avtoreferat dis. kand. tekhn. nauk*, pp. 14.
2. Bal'cer, D. V., Pavlovich, L. B. (2012). Ispol'zovanie ochishchennyh fenol'nyh stochnyh vod v vodosnabzhenii koksohimicheskogo proizvodstva. *Vodosnabzhenie i sanitarnaya tekhnika*, 12, 52–58.
3. Hartwick Darrell (2001). Water Treatment In Closed Systems. *ASHRAE Journal*, February, 30–38.
4. Margaryan, M. G. (2018). Harakteristika zabrudnen' stichnih vod koksohimichnih pidpriemstv. *Materiali XI Vseukrains'koї students'koї naukovo-tekhnichnoї konferencii «Stalij rozvitok mist»*, 24-26 kvitnya, 125-127.
5. Galkina, E. P. (2016). Racional'noe ispol'zovanie zamknutyh sistem vodosnabzheniya koksohimicheskikh predpriyatij i oborotnyh ciklov ih vodosnabzheniya. *Resursosberezenie i ehnergo-ehffektivnost' inzhenernoj infrastruktury urbanizirovannyh territorij i promyshlennyh predpriyatij : II mezhdunar. nauch.-tekhn. konf.*, 2–27 fevralya, 18–20.
6. Galkina, E. P. (2016). Povyshenie ehffektivnosti raboty oborotnyh sistem vodosnabzheniya koksohimicheskikh predpriyatij. *Naukovij visnik budivnictva*, 86 (4), 232–235.
7. Nesterenko, S. V., Tkachev, V. A. & Smilka, E. P. (2013). Reducing the Corrosion Losses of Metals when Using Phenolic Wastewater in Coke-Plant Cooling Systems. *Coke and Chemistry*, 56 (8), 286–291.
8. Galkina, O. (2016). Corrosion Rates in Water-Circulation Systems at Coke Plants. *Coke and Chemistry*, 59 (7), 271–275.
9. Nesterenko, S. V., Smilka, O. P., Grigorov V. I., Kancedal, L. D., Bannikov, L. P. & Tkachov, V. O. (2015). Kompoziciya dlya zapobigannya korozii metaliv v oborotnih sistemah ta sposib utilizacii stichnih vod promislovih pidpriemstv, yaki mistyat' amonijnij azot. *Pat. 109035 Ukraine C 23 F 11/18, C 02 F 1/50*, 13.
10. Suhotin, A. M. CHEkulaeva, E. I., Knyazheva, V. M. & Zajcev, V. A. (1987). Sposoby zashchity oborudovaniya ot korrozii, *Himia*, pp. 280.
11. Get'mancev, S. V., Nechaev, I. A. & Gandurina, L. V. (2008). Ochistka proizvodstvennyh stochnyh vod koagulyantami i flokulyantami. *Nauch. izd-vo ASV*, pp. 272.
12. Draginskij, V. L., Alekseeva, L. P. & Get'mancev, S. V. (2005). Koagulyaciya v tekhnologii ochistki vody. *Nauch. izd.*, pp. 576.
13. Zapol'skij A. K., Baran, A. A. (1987). Koagulyanty i flokulyanty v processah ochistki vody. *Himiya*, pp. 208.
14. Solov'yov, V. E. i dr. (2000). Opyt primeneniya novyh koagulyantov na osnov e solej alyuminiya. *Novye tekhnologii i oborudovanie v vodopodgotovke i vodootvedenii*, 2, 155–159.
15. Agadzhanov, G. K. (2010). Ekonomika vodoprovodno-kanalizacijnih pidpriemstv. *Navchalnii posibnik, Hark. nac. akad. mis'k. gosp.-va.*, pp. 392.
16. Sokolov, L. I. (2002). Investicionnoe proektirovanie ob'ektov i sistem vodosnabzheniya i vodootvedeniya. *Uchebnoe. Posobie*, Vologda : VoGTU, pp. 47.

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. Душкін С. С., Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Україна.

**Автор:** ГАЛКІНА Олена Павлівна  
кандидат технічних наук, старший викладач  
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова  
E-mail – helen.smilka31@gmail.com  
ID ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9499-1279>

**Автор:** ШЕВЧЕНКО Тамара Олександрівна  
кандидат технічних наук, доцент  
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова  
E-mail: tamara.shevchenko@kname.edu.ua  
ID ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4513-6759>

## EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF THE HEAT EXCHANGER EQUIPMENT WORKING SYSTEMS OF WATER-CIRCULATION SYSTEMS ON COKE PLANTS

O. Galkina, T. Shevchenko

O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Ukraine

*In this paper, the closed turnaround system on Kharkiv coke plant is considered, which consists of: pipeline, water-supplying system, heat exchange equipment with a cooling tower, a system of dumping. The project is considered as the application of several stages: identification, preparation, implementation, exploitation, post-project audit. Technical appraisal of the work of heat-exchange equipment at coke plants is carried out as part of the overall economic effect of the implementation of the developed method. It consists of: increasing the service life of equipment and pipes, replacing part of fresh technical water with phenolic wastewater and minimizing wastewater discharges. The purpose of the project is achieved as a result of the technology implementation of supplying of water-circulation systems through the mixing of fresh and purified phenolic water after, as well as the use of inhibitory composition in the water-circulation cycle. To determine the efficiency of heat-exchange equipment plant coke plants of water-circulation systems in the article was conducted techno-economic assessment of proposed work activities. Calculated economic efficiency, which amounted to 568 977,5 UAH/year. In the article it is established that the application of the proposed technical solutions allows to reduce the amount of discharge of sewage into urban sewer network at 36,000 m<sup>3</sup>/year and consumption of fresh industrial water to 52000 m<sup>3</sup>/year, and increase the service life of equipment from 6.5 to 8 years. These measures help to improve water and environmental situation, rational use water resources of the coke-plant, that is, to decrease the payment made for consumption of water resources and sewage plant.*

**Keywords:** phenolic waste water, water-circulation systems, coke plants, technical and economic efficiency