

режим доступу: <http://www.imath.kiev.ua/~congress2009>.

8. Про зв'язність планарних рг- графів пуассонівського типу. Тези доповідей 2-го Українського математичного конгресу, Київ, 2009р., <http://www.imath.kiev.ua/~congress2009>.
9. Лема про домінатори в дводольних графах та деякі її застосування. Матеріали VII Міжнародної науково-технічної конференції "АВІА-2009", т.1, Київ, 2009, с.4.39-4.41.
10. Про збільшувачі із заданими підграфами. Тези доповідей XVI Всеукраїнської наукової конференції "Сучасні проблеми прикладної математики та інформатики"- Львів, 2009, видавництво ЛНУ, с.67.
11. Про число розрізів 3-зв'язного графа. Матеріали XIII Міжнародної наукової конференції ім. акад. М.Кравчука. - К.,2010. - с.92.
12. Про планарні квазівипадкові графи пуассонівського типу. Моделювання та інформаційні технології. Зб. наук. пр. ІПМЕ НАНУ, вип.57, Київ, 2010, с. 10-12.
13. Про експандери із заданою структурою. Моделювання та інформаційні технології. Зб. наук. пр. квазівипадкових графів. Матеріали дванадцятого Міжвузівського науково-практичного семінару "Комбінаторні конфігурації та їх застосування", Кіровоград, 2011р.- с.15-17.
14. Оцінка структурної стійкості планарних дискретних систем при випадкових відмовах. Моделювання та інформаційні технології. Зб. наук. пр. ІПМЕ НАНУ, вип.62, Київ, 2011, с. 45-48.
15. Про квазівипадкові графи на основі експандерів. Матеріали XIV Міжнародної наукової конференції ім. акад. М.Кравчука. - К.,2012. - с.69.

Поступила 1.09.2014р.

УДК 502.08:51-74

Н. А. Бородіна, Ю. Л. Забулонов, Л. А. Одукалець, м. Київ

МОДЕЛЬ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ МЕТОДУ ОЧИСТКИ ВОД ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ ІСНУЮЧИХ ТА НОВИХ ОЧИСНИХ СПОРУД (ОБЛАДНАННЯ)

A mathematical model of the technical and economic efficiency of the method of water purification. The proposed model allows for quantitative and qualitative comparative evaluation of methods of sewage treatment. The model also allows the ranking parameters of evaluation of technical and economic efficiency of cleaning methods. Compared with existing models of technical and economic assessment of the effectiveness of the developed model is simple and easy to use and does not require significant preliminary calculations. In developing the model used methods of reliability theory and methods of probability theory.

Keywords: mathematical model, method, treatment, options

На практиці екологічний моніторинг будь-яких існуючих очисних споруд або підприємств, до складу яких входять очисні споруди, як правило, базується на контролі кількісно-якісного скиду стічних вод. В свою чергу на основі отриманих результатів контролю кількісно-якісного скиду стічних вод надаються прогнольні показники забруднення навколишнього середовища. При зазначеній схемі екологічного моніторингу заходи, які пропонуються для покращення стану навколишнього середовища, не відображають весь комплекс існуючих недоліків очисних споруд та результативність заходів щодо зміни або модернізації обладнання. Тому є досить важливим проведення базової складової екологічного моніторингу – оцінки роботи очисних споруд (обладнання), у тому числі порівняння з альтернативними варіантами впровадження нових методів очистки та/або нового обладнання.

На нашу думку, оцінка роботи очисних споруд (обладнання) повинна ґрунтуватись на техніко-економічній ефективності існуючих методів очистки стічних вод. Нормативних вимог щодо визначення техніко-економічної ефективності методів очистки стічних вод в Україні не має. Як правило, техніко-економічна ефективність визначається шляхом порівняння певних показників (параметрів) методу (обладнання) очистки стічних вод. Як приклад, у табл. 1 наведено порівняння методів знесолення (для очищення шахтних вод) за трьома рівнями: мінімальний (мін.), максимальний (макс.) і середній (сп.), виконане в рамках досліджень Державної установи «Інститут геохімії навколишнього середовища Національної академії наук України» [1].

Таблиця 1

Порівняння методів знесолення

Назва методу Параметр	Іонний обмін	Зворотній осмос	Електродіаліз	Випаровування
Надійність	сп.	сп.	макс.	макс.
Ступінь знесолення	сп.	сп.	сп.	макс.
Видалення органіки	мін.	мін.	мін.	сп.
Видалення мікрофлори	мін.	сп.	мін.	мін.
Видалення зависей	мін.	мін.	мін.	мін.
Видалення розчинених газів	мін.	сп.	сп.	макс.
Вимоги до попереднього підготування	макс.	сп.	мін.	сп.
Енергозатрати	сп.	сп.	мін.	макс.
Витрати реагентів	макс.	сп.	мін.	сп.
Витрати води (продуктивність)	сп.	сп.	макс.	мін.
Об'єм відходів	макс.	сп.	мін.	макс.
Можливість переробки відходів	сп.	сп.	сп.	сп.
Можливість скиду відходів	мін.	мін.	сп.	мін.

Підхід «порівняння» при визначенні техніко-економічної ефективності можна віднести до експертних методів аналізу, оскільки експерт (керівник розробки) або група експертів (виконавці роботи) визначають як перелік оцінювальних показників, так і їх умовні рівні. Таким чином визначення техніко-економічної ефективності існуючих методів повністю залежить від рівня кваліфікації та професійних здобутків виконавців. У той же час підхід «порівняння» дає можливість наглядної оцінки показників (параметрів) методу (обладнання), що робить його найефективнішим та найпоширенішим при визначенні техніко-економічної ефективності.

Враховуючи вище наведене була поставлена мета розробити модель визначення техніко-економічної ефективності методів очистки стічних вод, яка б базувалася на підході «порівняння», але показники (параметри) методу (обладнання) очистки вод визначалися не в умовних, а в кількісних показниках, що дало б змогу кількісно оцінити ефективності оцінювальних методів.

На початку нами була розроблена графічна модель впливу показників (параметрів) методів (обладнання) очистки вод на їх техніко-економічну ефективність (рис. 1).

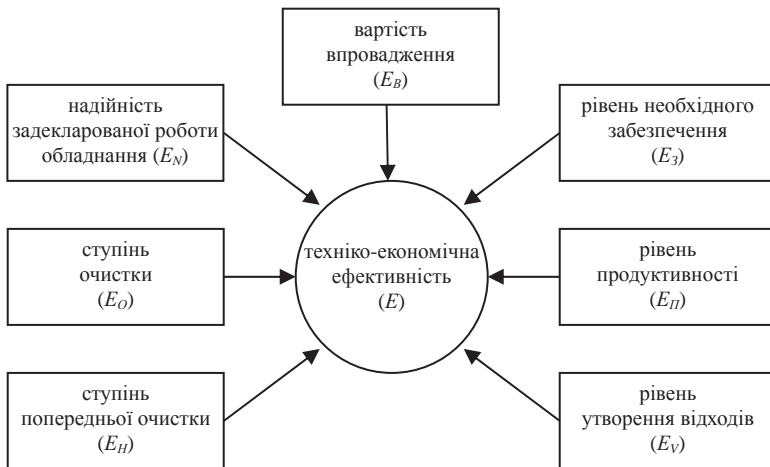


Рис. 1. Графічна модель впливу

Показники (параметри) методів (обладнання) очистки вод були визначені таким чином, щоб вони відображалися у долях одиниці, а саме:

➤ Надійність задекларованої роботи обладнання (E_N) – ймовірнісна величина, $E_N \in [0; 1]$.

➤ Ступінь очистки (E_O) визначається як у відсотках, так і долях одиниці, $E_O \in [0; 1]$.

➤ Ступень попередньої очистки (E_H) визначається як у відсотках, так і долях одиниці, $E_H \in [0; 1]$.

➤ Рівень необхідного забезпечення (E_3) визначаємо за максимальними значеннями показника одного із методів, які прирівнюємо до 1. Наприклад, якщо розглядається три методи очистки і енергозатрати умовно: для першого методу складають 25 кВт/год, для другого – 36 кВт/год, для третього – 18 кВт/год., то для першого методу $E_3^1_{\text{енерго}}=0,7$, для другого $E_3^1_{\text{енерго}}=1$, для третього $E_3^1_{\text{енерго}}=0,5$. Таким чином $E_3 \in [0; 1]$.

➤ Рівень продуктивності (E_{II}) визначаємо в долях необхідної продуктивності методу (обладнання) з коефіцієнтом запасу 1,2. У випадку використання обладнання для забезпечення продуктивності можна запропонувати дві або більше установок. Тобто за умов:

- задана продуктивність $\rightarrow 30000 \text{ м}^3/\text{добу}$;
- продуктивності першого методу (обладнання) $\rightarrow 20000 \text{ м}^3/\text{добу}$;
- продуктивності другого методу (обладнання) $\rightarrow 15000 \text{ м}^3/\text{добу}$;
- продуктивності третього методу (обладнання) $\rightarrow 6000 \text{ м}^3/\text{добу}$;

$$E_{II}^1 = \frac{20000}{30000 \cdot 1,2} = 0,56; \quad E_{II}^2 = \frac{2 \cdot 15000}{30000 \cdot 1,2} = 0,83.$$

У цьому випадку, рівень необхідного забезпечення (E_3) повинен бути розрахований для кількості установок, що визначена при розрахунку рівня продуктивності (E_{II}).

➤ Рівень утворення відходів (E_V) та вартість впровадження (E_B) визначаємо так само, як і рівень необхідного забезпечення (E_3) – за максимальними значеннями показника одного із методів, які прирівнюємо до 1.

У прикладі, який наведено в табл. 1, відображено ряд технічних показників, а показники, які характеризують економічну складову техніко-економічної ефективності методів очистки, відсутні. Оскільки техніко-економічна ефективність повинна ґрунтуватись на обох зазначених вище складових, то запропонована на рис. 1 графічна модель включає додатковий показник – вартість впровадження (E_B). Цей показник може відображати наступні економічні важелі:

- вартість обладнання;
- вартість будівельних робіт;
- вартість експлуатаційного утримання тощо.

Створена модель дозволяє по новому охарактеризувати показники (параметри) методів (обладнання) очистки вод, що представлені в табл. 1 (табл. 2).

Показники методів очистки вод

Найменування та позначення показника техніко-економічної ефективності методу очистки вод		Найменування та позначення показника (параметра) методу (обладнання) очистки вод		Задані значення
1	2	3	4	5
Вартість впровадження	E_B	Вартість обладнання	$V_{облад.}$	0,5
		Вартість будівельних робіт	$V_{будівн.}$	0,5
		Вартість експлуатаційного утримання	V_{EV}	0,5
Надійність задекларованої роботи обладнання	E_N	Надійність	N	0,98
Ступінь очистки	E_O	Ступінь знесолення	$O_{знесол}$	0,75
		Видалення органіки	$O_{орган}$	0,8
		Видалення мікрофлори	$O_{мікрофл}$	0,6
		Видалення зависей	$O_{завис}$	0,9
		Видалення розчинених газів	$O_{роз. газів}$	0,8
Ступень попередньої очистки	E_H	Вимоги до попереднього підготування	H	0,5
Рівень необхідного забезпечення	E_3	Енергозатрати	$Z_{енерго}$	1=36 кВт
		Витрати реагентів	$Z_{реагент}$	1=5 г/м ³
Рівень продуктивності	E_{II}	Витрати води (продуктивність)	II	1=36000 м ³ добу
Рівень утворення відходів	E_V	Об'єм відходів	$V_{об'єм}$	1=1 кг/добу
		Можливість переробки відходів	$V_{перероб}$	1=360 кг/рік
		Можливість скиду відходів	$V_{скид}$	1=36000 м ³ добу

Таким чином, у залежності від умов дослідження за представленим методом можуть змінюватися (вилучатися або добавлятися) як показники техніко-економічної ефективності, так і показники (параметри) методу (обладнання) очистки вод.

Завдяки представлення показників (параметрів) методу (обладнання) очистки вод у значеннях долі одиниці, стає можливим використати методи теорії надійності та методи теорії ймовірностей для проведення кількісної оцінки техніко-економічної ефективності методу очистки вод:

$$E = E_N \cdot E_O \cdot E_H \cdot E_3 \cdot E_{II} \cdot E_V \cdot E_B. \quad (1)$$

Показники техніко-економічної ефективності методу очистки вод визначаються за формулами:

$$E_N = N, \quad (2)$$

де N – надійність роботи очисних споруд (обладнання);

$$E_o = \sum_{m=1}^m \frac{O_x}{m}, \quad (3)$$

де O_x – показники (параметри) методів (обладнання) очистки вод, які характеризують ступінь очистки;

m – кількість показників (параметрів) методів (обладнання) очистки вод, які характеризують ступінь очистки;

$$E_H = \sum_{k=1}^k \frac{H_x}{k}, \quad (4)$$

де H_x – показники (параметри) методів (обладнання) очистки вод, які характеризують ступінь попередньої очистки;

k – кількість показників (параметрів) методів (обладнання) очистки вод, які характеризують ступінь попередньої очистки;

$$E_3 = 1 - \sum_{l=1}^l \frac{3_x}{l}, \quad (5)$$

де 3_x – показники (параметри) методів (обладнання) очистки вод, які характеризують рівень необхідного забезпечення;

l – кількість показників (параметрів) методів (обладнання) очистки вод, які характеризують рівень необхідного забезпечення;

$$E_{II} = \sum_{f=1}^f \frac{II_x}{f}, \quad (6)$$

де II_x – показники (параметри) методів (обладнання) очистки вод, які характеризують рівень продуктивності. У випадках, коли $II_x > 1$, при розрахунках необхідно $II_x = 1$;

f – кількість показників (параметрів) методів (обладнання) очистки вод, які характеризують рівень продуктивності;

$$E_V = d \cdot \left[\sum_{s=1}^s \frac{V_y}{s} + \left(1 - \sum_{r=1}^r \frac{V_z}{r} \right) \right], \quad (7)$$

де V_y – «позитивні» показники (параметри) методів (обладнання) очистки вод, які характеризують рівень утворення відходів;

V_z – «негативні» показники (параметри) методів (обладнання) очистки вод, які характеризують рівень утворення відходів;

s – кількість «позитивних» показників (параметрів) методів (обладнання) очистки вод, які характеризують рівень утворення відходів;

r – кількість «негативних» показників (параметрів) методів (обладнання) очистки вод, які характеризують рівень утворення відходів;

d – коефіцієнт якості показників, при наявності «позитивних» та «негативних» показників $d = \frac{1}{2}$, при наявності лише «позитивних» («негативних») показників $d = 1$.

$$E_B = d \cdot \left[\sum_{i=1}^i \frac{B_y}{i} + \left(1 - \sum_{j=1}^j \frac{B_z}{j} \right) \right], \quad (7)$$

де B_y – «позитивні» показники (параметри) методів (обладнання) очистки вод, які характеризують вартість впровадження;

B_z – «негативні» показники (параметри) методів (обладнання) очистки вод, які характеризують вартість впровадження;

i – кількість «позитивних» показників (параметрів) методів (обладнання) очистки вод, які характеризують вартість впровадження;

j – кількість «негативних» показників (параметрів) методів (обладнання) очистки вод, які характеризують вартість впровадження.

«Позитивні» показники – це показники, для яких ефективність відповідає більш високим значенням, наприклад, можливість переробки відходів. І навпаки, «негативні» показники - це показники, для яких ефективність відповідає більш низьким значенням, наприклад, об'єм відходів.

Використавши запропонований метод, табл. 1 приймає новий вигляд (табл. 3).

Таблиця 3
Порівняння методів знесолення при запропонованому методи

E	Найменування та позначення показника (параметра) методу (обладнання) очистки вод		Назва методу							
			Іонний обмін		Зворотній осмос		Електродіаліз		Випаровування	
E_B	Вартість обладнання	$V_{облад.}$	1	0,36	0,39	0,40	0,35	0,62	0,5	0,17
	Вартість будівельних робіт	$V_{будівн.}$	0,5		0,5		0,3		1	
	Вартість експлуатаційного утримання	V_{EV}	0,42		0,9		0,5		1	
E_N	Надійність	N	0,8	0,8	0,8	0,8	0,95	0,95	0,98	0,98
E_O	Ступінь знесолення	$O_{знесол}$	0,78	0,45	0,83	0,53	0,81	0,50	0,95	0,714
	Видалення органіки	$O_{орган}$	0,36		0,32		0,38		0,55	
	Видалення мікрофлори	$O_{мікрофл}$	0,50		0,7		0,4		0,7	

	Видалення зависей	$O_{завис}$	0,35		0,28		0,32		0,5	
	Видалення розчинених газів	$O_{роз. газів}$	0,28		0,53		0,61		0,87	
E_H	Вимоги до попереднього підготування	H	0,85	0,85	0,70	0,7	0,28	0,28	0,46	0,46
$E_з$	Енергозатрати	$З_{енерго}$	0,7	0,35	0,8	0,35	0,4	0,50	1	0,23
	Витрати реагентів	$З_{реагент}$	0,6		0,5		0,2		0,55	
$E_{п}$	Витрати води (продуктивність)	$П$	0,6	0,6	0,7	0,7	1	1	0,23	0,23
E_V	Об'єм відходів	$V_{об'єм}$	0,3	0,58	0,39	0,55	0,18	0,91	1	0,22
	Можливість переробки відходів	$V_{перероб}$	0,5		0,5		1		0,5	
	Можливість скиду відходів	$V_{скид}$	0,42		0,47		1		0,39	
Техніко-економічна ефективність E			0,014		0,016		0,038		0,001	

Результати розрахунку показали, що найбільш доцільно використовувати метод електродіалізу, оскільки він має найвищу техніко-економічну ефективність.

Запропонована модель також дозволяє виконати ранжування показників техніко-економічної ефективності методу очистки вод. Для цього необхідно розмістити за результатами отриманих розрахунків у певній послідовності показники техніко-економічної ефективності (від більшого значення до меншого або навпаки). Тобто ранжування методу електродіалізу набуває вигляду, який представлено в табл. 4.

Таблиця 4

Ранжування методу електродіалізу

Ранг показника техніко-економічної ефективності	Найменування, позначення та значення показника техніко-економічної ефективності методу очистки вод		
1	Рівень продуктивності	$E_{п}$	1
2	Надійність задекларованої роботи обладнання	E_H	0,95
3	Рівень утворення відходів	E_V	0,91
4	Вартість впровадження	E_B	0,62
5/6	Ступінь очистки	$E_о$	0,50
5/6	Рівень необхідного забезпечення	$E_з$	0,50
7	Ступінь попередньої очистки	E_H	0,28

Висновки

1. Порівняно з існуючими моделями оцінки техніко-економічної ефективності розроблена модель проста та зручна у використанні і не потребує значних попередніх розрахунків, так як це, наприклад, вимагається в моделях, які основані на методі ієрархій [2].

2. Запропонована модель є універсальною і може використовуватися для будь-яких методів очистки вод. Також вона може бути використана для розробки узагальненої моделі оцінки техніко-економічної ефективності впровадження методу (розробки, проекту) очистки вод.

1. Звіт про виконання науково-дослідної роботи "Розробка технології з підвищення ефективності очищення шахтних вод від хімічних забруднювачів". – Київ: ДУ «ІГНС НАН України», 2012. – 108 с.
2. СОУ 42.1-376441918-093:2012 Мости та труби. Варіантне проектування мостів.

Поступила 25.08.2014р.

УДК 621.3

С. Д. Винничук, м.Київ

СИТУАТИВНИЙ АЛГОРИТМ ФУНКЦІОНУВАННЯ ЧАСТОТНОЇ ПРОТИАВАРІЙНОЇ АВТОМАТИКИ В ПРОЦЕСІ ГЛИБОКОГО ЗНИЖЕННЯ ЧАСТОТИ

Abstract. Describes an algorithm for determining the situational conditions of the transition between the states for a number of frequency components of the emergency control system in the evaluation of their performance in the course of dynamic processes of change of frequency in the power system associated with the emergence of active power imbalances.

Keywords: frequency emergency control, load shedding.

Вступ. Стійка роботи електроенергетичних систем досягається як на основі ефективного диспетчерського управління, так і ефективної системи протиаварійної автоматики (ПА). Серед складових ПА окремо виділяють частотну ПА, завдання якої полягає в забезпеченні допустимого рівня частоти в енергосистемі (ЕС), чи її частині.

Довгостроково припустимий режим роботи об'єднаної ЕС України за частотою відповідає діапазону 49.2 – 50.5 Гц. Вихід за його межі вважається аварійною ситуацією, ліквідацію якої повинна забезпечити частотна ПА. Серед складових частотної ПА виділяють [1-3]: АЧР, ЧАПВ та ін. На зміну частоти в ЕС впливає також автоматика енергоблоків АЕС [4], де можливе як

© С. Д. Винничук