

УДК 631.67

**НЕБЕЗПЕКА СУЧАСНИХ ІНДИВІДУАЛЬНИХ ЗАСОБІВ
ДООЧИЩЕННЯ ВОДИ. СТАТИСТИЧНИЙ
НЕЙРОМЕРЕЖЕВИЙ ЕКСПЕРИМЕНТ**

Ф.І. Гончаров, В.М. Штепа
кандидати технічних наук

Із використанням нейромережевої прогностичної моделі проведено теоретичні дослідження зміни якості води в процесі її очищення фільтром “Бар’єр” (касета “Бар’єр 4”), виявлено характер впливу вхідних параметрів (Coli-index, каламутність, колірність, термін роботи) на ефективність роботи цього обладнання.

Coli-index, фільтр, математичне моделювання, нейронна мережа, факторний експеримент, екологічна небезпека.

Експериментальні дослідження [1] продемонстрували, що при певних обставинах, які можуть виникнути і в щоденних побутових умовах, індивідуальний фільтруючий засіб перетворюється із засобу очищення води у її забруднювач; відпрацьовані картриджі потребують спеціальної утилізації. Проте через складний характер взаємозв'язків факторів (непередбачуваність їхньої зміни), що визначають якість фільтрації води, а також тривалість та значну вартість досліджень неможливо експериментально виявити повну картину протікання водоочисних процесів.

Це створило передумови для застосування статистичних (числових) методів розрахунку показників цього процесу [2].

Метою теоретичних досліджень було виявлення характеру взаємозв'язків між показниками якості вхідної та вихідної води і прогнозування показників якості вихідної води у залежності від значень параметрів вхідної води.

Виходячи із експериментальних досліджень [1] вибрали фактори, що впливають на якість очищення (Coli-index): вхідний Coli-index, каламутність, колірність, термін роботи фільтра.

Математична обробка експериментальних даних складалася із таких етапів: статистичної обробки експериментальних даних і отримання найпростіших статистичних оцінок; розробки математичної моделі апроксимацією експериментальних даних; перевірки адекватності синтезованої математичної моделі відповідним експериментальним даним і знаходження максимальної похибки апроксимації.

На адекватність математичну модель перевірялась за критерієм Фішера [2], для цього визначали дисперсію адекватності:

$$S_{Ad}^2 = \frac{n}{N - g} \sum_{i=1}^N (\bar{Y}_{iE} - Y_T)^2, \quad (1)$$

де $N-g$ – число степенів вільності дисперсії адекватності;

g – число значимих коефіцієнтів у теоретичному рівнянні;

\bar{Y}_{iE} – середнє значення відгуку в i -му досліді;

Y_T – значення відгуку в i -й точці, обчислене за теоретичним рівнянням або рівнянням регресії;

Дисперсія відтворення дослідів:

$$S_y^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N S_i^2 . \quad (2)$$

Розрахунковий критерій відповідності Фішера визначали з формули:

$$F_p = S_{A0}^2 / S_y^2 \quad (3)$$

Табличний критерій Фішера F_T визначали за заданим рівнем значимості q і двома степенями відповідності:

$$f_A = N - g \quad i \quad f_y = N(n - 1) . \quad (4)$$

Умова адекватності:

$$F_p < F_T . \quad (5)$$

Опрацювання експериментальних даних здійснювали за наведеною методикою в програмному середовищі Statistica 6.0 [3].

Сам статистичний (числовий) експеримент проводили із використанням розробленої нечіткої нейронної мережі [1], яку було доповнено ще однією вхідною величиною – “термін роботи фільтра”.

Враховуючи, що фільтрація є складним процесом [4] вибрали план дослідів $N_a - K_{034}$ (Хартлі – Коно), що близький до D – оптимального (табл.1).

1. План-матриця чотирифакторного експериментального дослідження фільтраційного очищення води

N	x ₁	x ₂	x ₃	x ₄	N	x ₁	x ₂	x ₃	x ₄	N	x ₁	x ₂	x ₃	x ₄
1	1	-1	-1	-1	7	-1	-1	1	1	13	-1	1	-1	0
2	-1	1	-1	-1	8	1	1	1	1	14	-1	0	1	1
3	-1	-1	1	-1	9	0	0	0	0	15	0	1	1	-1
4	1	1	1	-1	10	0	1	-1	1	16	1	-1	1	0
5	1	-1	-1	1	11	-1	0	-1	-1	17	1	-1	0	1
6	-1	1	-1	1	12	1	0	1	1	18	0	-1	1	-1

Рівні варіювання факторів при проведенні експерименту вибирали, зважаючи на експериментальні дослідження [1] (табл. 2).

2. Рівні варіювання факторів при проведенні статистичного (числового) дослідження екологічної безпеки роботи фільтра “Бар’єр”

Фактор	Позначення	Рівень “-1”	Рівень “0”	Рівень “+1”
Coli-index, КУО/дм ³ (C _{вх})	X ₁	3	4,5	6
Колірність, град (Кл)	X ₂	15	17,5	20
Каламутність, мг/дм ³ (Км)	X ₃	1,4	1,55	1,7
Термін роботи фільтра, доба (Т)	X ₄	10	45	80

Результати факторного експерименту підтвердили висновки попередніх експериментально-теоретичних досліджень про нелінійність і непередбачуваність процесу фільтрації води та наявність випадків невідповідності очищеної “Бар’єром” води ГОСТ 2874-82 за параметром Coli-index (табл. 3).

3. Результати статистичного (числового) дослідження екологічної безпеки роботи фільтра “Бар’єр”

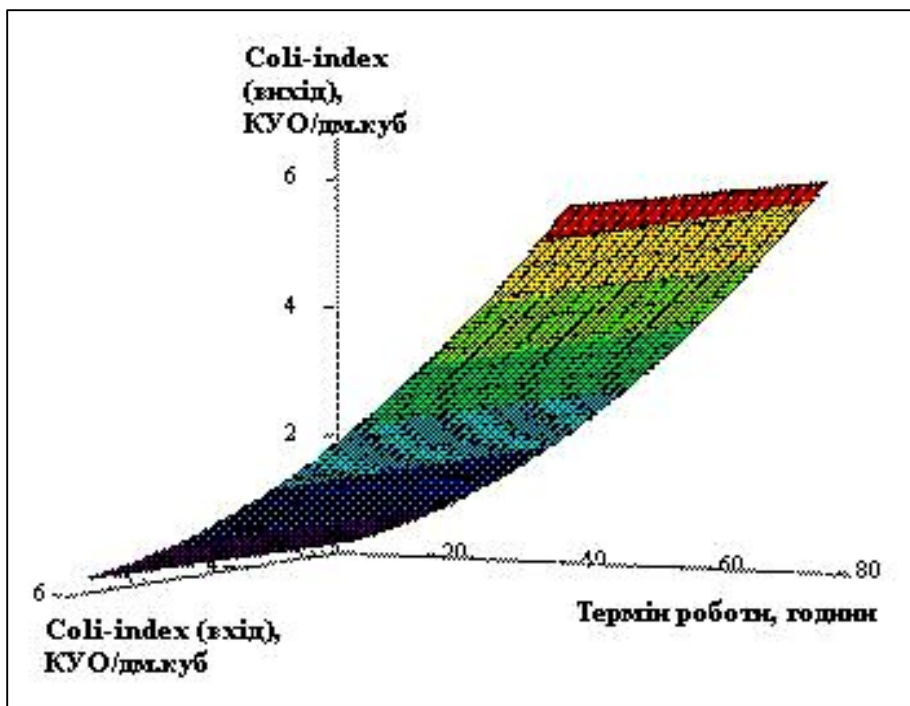
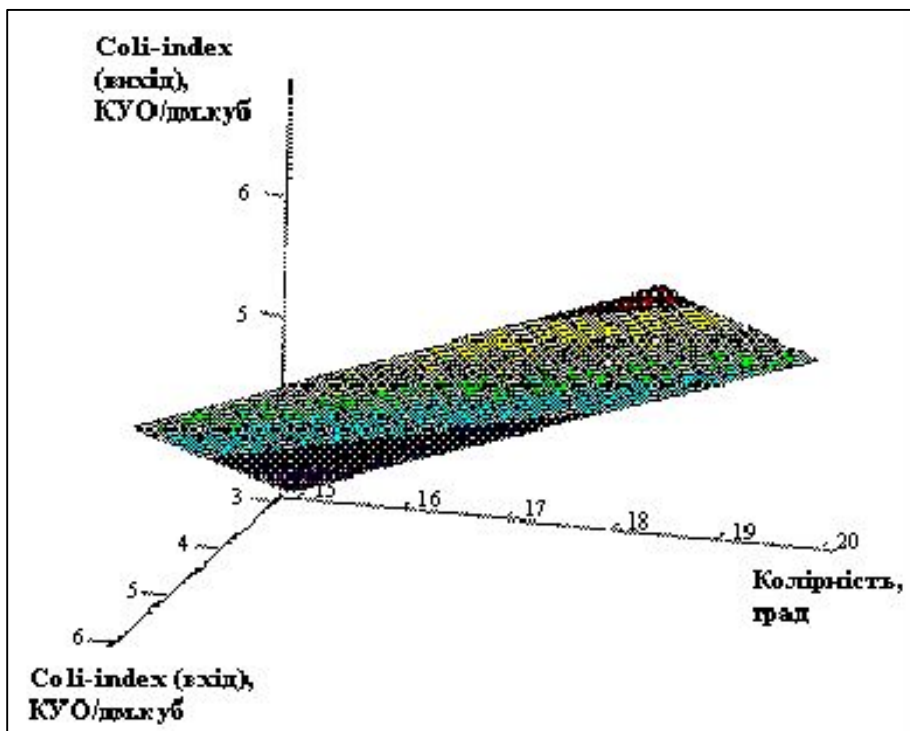
Номер експерименту	Coli-index (вхід), КУО/дм ³	Колірність, град	Термін роботи, доба	Каламутність, мг/дм ³	<i>C_{вих}</i> , мг/л
1	6	15	10	1,4	2,1
2	3	20	10	1,4	1,5
3	3	15	80	1,4	3,4
4	6	20	80	1,4	6,7
5	6	15	10	1,7	3,1
6	3	20	10	1,7	1,2
7	3	15	80	1,7	3,3
8	6	20	80	1,7	6,9
9	4,5	17,5	45	1,55	1,9
10	4,5	20	10	1,7	1,3
11	3	17,5	10	1,4	0,9
12	6	17,5	80	1,7	7,0
13	3	20	10	1,55	1,0
14	3	17,5	80	1,7	4,8
15	4,5	20	80	1,4	5,7
16	6	15	80	1,55	7,1
17	6	15	45	1,7	6,9
18	3	15	80	1,4	4,1

Примітка. Параметр Coli-index взято дробовим із статистичних міркувань.

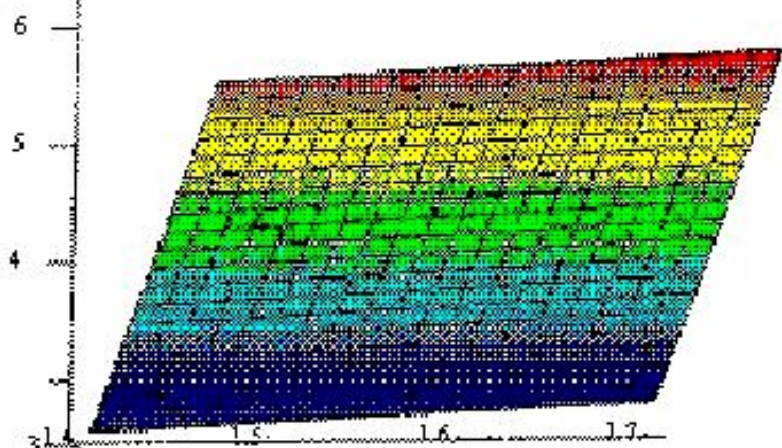
Спочатку у програмному середовищі “Statistica 6.0” для Coli-index вихідної води отримали лінійне рівняння регресії. Та згідно з критерієм Фішера (формула 5) було встановлено його неадекватність. Рівняння регресії 2-го порядку (рис.1) виявилось адекватним (при рівні ймовірності 0,95, коефіцієнтові множинної детермінації 0,99, коефіцієнтові множинної кореляції 0,995, стандартному відхиленні оцінки 0,073):

$$C_{\text{вих}} = 127,95 + 0,621 \cdot C_{\text{вх}} + 0,169 \cdot K_{\text{л}} + 0,764 \cdot K_{\text{м}} + 0,18 \cdot T + \quad (6)$$

$$\begin{aligned}
 &+ 0,639 \cdot C_{\text{BX}}^2 + 0,579 \cdot C_{\text{BX}} \cdot K_{\text{Л}} + 0,919 \cdot C_{\text{BX}} \cdot K_{\text{М}} + 0,625 \cdot C_{\text{BX}} \cdot T - \\
 &- 0,168 \cdot K_{\text{Л}}^2 + 0,779 \cdot K_{\text{Л}} \cdot K_{\text{М}} - 0,054 \cdot K_{\text{Л}} \cdot T + 0,738 \cdot K_{\text{М}}^2 + \\
 &+ 0,779 \cdot K_{\text{Л}} \cdot \text{Ч} + 0,181 \cdot T^2 .
 \end{aligned}$$



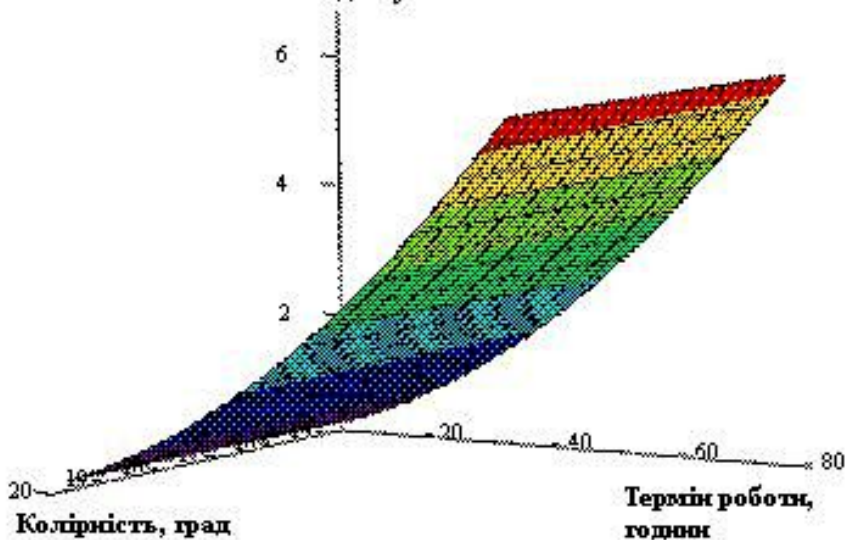
Coli-index
(вххх),
КУО/дм³куб



Каламутність,
мл/дм³куб

Coli-index (vkhkh),
КУО/дм³куб

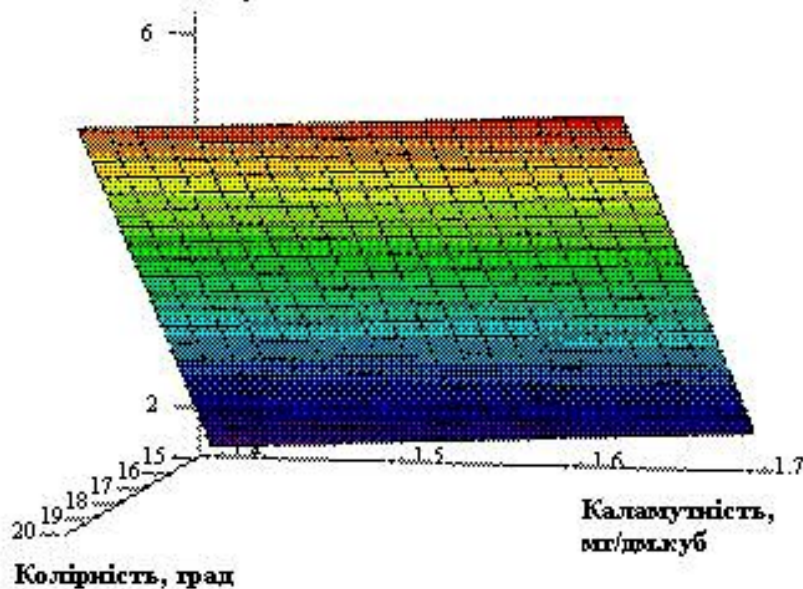
Coli-index
(вххх),
КУО/дм³куб



Термін роботи,
години

Колірність, град

Coli-index
(вххх),
КУО/дм³куб



Каламутність,
мл/дм³куб

Колірність, град

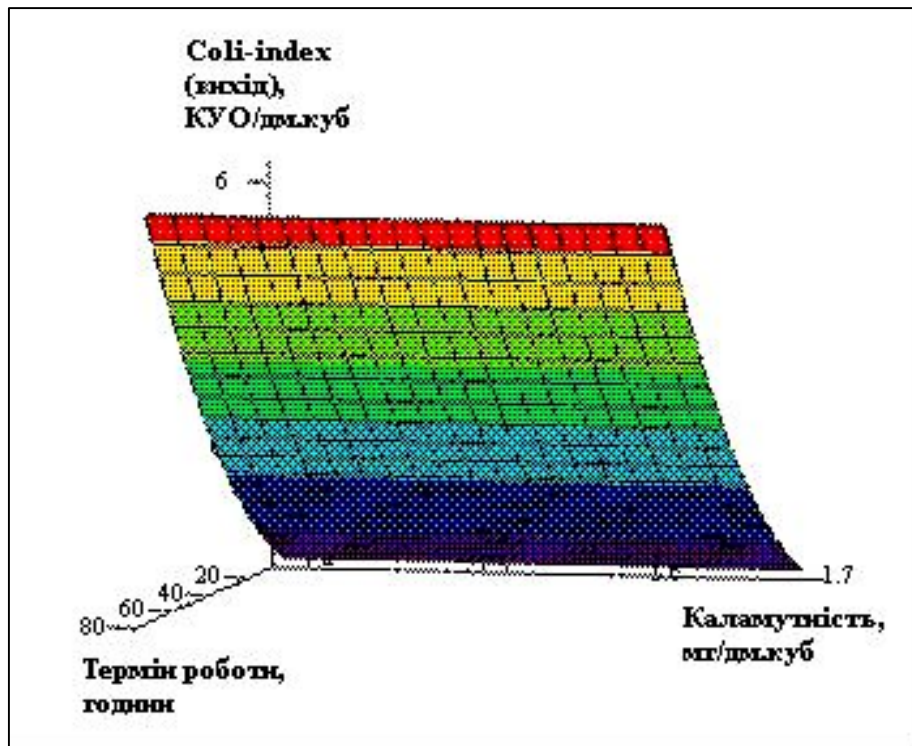


Рис.1. Залежності ефективності очищення фільтром “Бар’єр” (показник – Coli-index) від вхідних параметрів якості води (значення двох інших параметрів – середньоарифметичні із таблиці 2)

Аналізуючи поверхні відгуків, можна сказати, що збільшення значень усіх вхідних параметрів (Coli-index, Колірність, Каламутність, Термін роботи) зменшує ефективність роботи фільтра (вихідний параметр “Coli-index” не відповідає ГОСТ 2874-82 приблизно у 23% випадках можливих комбінацій). Найбільший вплив на функціональні показники фільтра “Бар’єра” мають Coli-index (вхідний) та Каламутність.

Висновок

Статистичні (числові) дослідження із використання методів математичної статистики і нейромережевого апарату підтвердили та уточнили висновки експериментів, що сучасні індивідуальні фільтруючі засоби доочищення води, на прикладі фільтра “Бар’єр”

(касета “Бар’єр 4”) безпечно функціонують лише протягом визначеного періоду (близько 67% можливих комбінацій вхідних параметрів) та за відсутності нештатних ситуацій в мережі (поривів). Із часом сучасні індивідуальні засоби доочищення самі стають джерелом небезпек для водоспоживача та забруднювачами навколишнього середовища.

Список літератури

1. Гончаров Ф.І., Штепа В.М. Небезпека сучасних індивідуальних засобів доочищення води. Створення прогностичної нейромережевої моделі // Наукові доповіді Національного аграрного університету, 2008-04 (12), <http://nd.nauu.edu.ua/2008-4/08gfinnm.pdf>
2. Бондарь А.Г. и др. Планирование эксперимента при оптимизации протекания химических процессов – М.: Химия, 1982 – 437 с.
3. Боровиков В.П., Боровиков И.П. Statistica. Статистический анализ и обработка данных в среде Windows – М.: Финан, 1998 – 608 с.
4. Гончаров Ф.І. Патент України № 22010, Автоматична насосна станція, – К.: Державне патентне відомство, 1998 – 4 с.

Опасность современных индивидуальных средств доочистки воды. Статистический нейросетевой эксперимент

Ф.И. Гончаров, В.Н. Штепа

С использованием нейросетевой прогностической модели проведены теоретические исследования изменения качества воды в процессе её очистки фильтром “Барьер” (кассета “Барьер 4”), определён характер влияния входных параметров (Coli-index,

мутность, цветность, срок работы) на эффективность работы данного оборудования.

Coli-index, фильтр, математическое моделирование, нейронная сеть, факторный эксперимент, экологическая опасность.

Danger modern individual facilities of cleaning water. Creation of predict neural networks model

F. Goncharov, V. Shtepa

Experimental researches change quality water in the course of its clearing by filter "Barrier" are spent, ecological danger of the fulfilled water-purifying cartridges is defined. The intellectual approach to predict modelling of level ecological safety (danger) filters "Barriers" is applied.

Coli-index, the filter, mathematical modelling, neural network, sanitary-and-hygienic safety, ecological condition.