

**ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗПОДІЛУ ЧАСУ ПЕРЕБУВАННЯ ВОДИ В МОДЕЛЯХ
ФІЛЬТРІВ**

В. І. Панько

студент 3 курсу, група ВІВ-31, навчально-науковий інститут будівництва та архітектури
Науковий керівник – к.т.н., доцент В. М. Сівак

*Національний університет водного господарства та природокористування,
м. Рівне, Україна*

В статті представлені експериментальні дослідження кривих відгуку часу перебування води на моделях фільтрів. Використано сучасний кібернетичний метод для дослідження процесу фільтрування води. Отримано криві відгуку часу перебування води для трьох моделей фільтрів.

Ключові слова: фільтр, кібернетика, фільтрування, чорний ящик, крива відгуку.

В статье представлены экспериментальные исследования кривых отклика времени пребывания воды на моделях фильтров. Использован современный кибернетический метод для исследования процесса фильтрование воды. Получены кривые отклика времени пребывания воды для трех моделей фильтров.

Ключевые слова: фильтр, кибернетика, фильтрование, черный ящик, кривая отклика.

The article presents experimental studies of the response curves of the water residence time on filter models. A modern cybernetic method was used to study the process of water filtration. The response time curves for the three filter models have been obtained.

Keywords: filter, cybernetics, filtering, black box, feedback curve.

В фільтрах або у біофільтрах зміна концентрації забруднюючих речовин зв'язана із тривалістю фізичного, фізико-хімічного або біохімічного процесів, що відбуваються в цих спорудах, тобто із часом перебування забруднюючих речовин в зоні реакції. Розподіл часу перебування речовин в реакційному (в даному випадку в пористому середовищі) фільтрі чи біофільтрі може бути кількісно охарактеризовано на основі використання функції розподілу. Вид функції розкриває певним чином структуру потоків взаємодіючих речовин, їх перемішування в фільтрі або біофільтрі. Функція залежить від типу фільтра чи біофільтра і визначається значною мірою їх конструкціями. Тому у більшості фільтрів чи біофільтрів час перебування окремих елементів водної системи є неоднаковим. В зв'язку з цим для розрахунку фільтрів або біофільтрів знання істинного часу вилучення забруднюючих речовин є досить важливим для знаходження ефективності очищення природних або стічних вод в фільтрах або біофільтрах.

Задачею даної статті є дослідження гідродинамічної структури лабораторних фільтрів з різною крупністю зерен засипки, а також з різним типом збурень трасера (індикатора), що подавався в потік води, який надходив на лабораторні фільтри. Дослідження велись на водопровідній воді. Трасер в фільтрі вводився імпульсним чином. В якості трасера використовувався розчин кухонної солі.

Суть експерименту полягає у тому, що у потік води, що надходить у моделі фільтрів, вводиться насичений розчин кухонної солі. В цьому випадку зміна концентрації солі на виході із моделей у часі визначається за зміною електропровідності рідини. Введення розчину кухонної солі у фільтр викликає збурення. Для дослідження гідродинамічних

властивостей фільтрів розчин подавали на вході потоку води у вигляді імпульсного збурення.

Для вимірювання електропровідності використовувався кондуктометр GMH-3410. Результати досліджень представлені в таблицях 1-6, де e – електропровідність початкового розчину $NaCl$, e_0 – електропровідність води після введення початкового розчину в моделях.

Таблиця 1
Дослід 1. Фільтр 1 – дрібнозернистий

$e = 77,8 \quad e_0 = 3,8$

t,с	23	39	42	44	45	46	47	48	49	50
e _к	0,8	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4	1,5	1,6	1,7
51	52	53	54	55	56	57	58	59	65	70
1,8	1,9	2	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8
78	80	82	88	91	96	101	107	113	114	115
2,7	2,6	2,5	2,6	2,3	2,2	2,1	2	1,9	1,6	1,7

Таблиця 2
Дослід 2. Фільтр 2 – крупнозернистий

$e = 43,7 \quad e_0 = 4,7$

e _к	0,6	1,1	1,2	2,4	3,1	3,4	3,9	4,0	4,1	4,0
t,с	0,0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0
3,9	3,8	3,8	3,8	3,7	3,7	3,7	3,6	3,5	3,4	3,3
10,0	11,0	12,0	13,0	14,0	15,0	16,0	17,0	18,0	19,0	20,0
3,2	3,1	3,1	3,0	3,3	2,9	2,8	2,7	2,7	2,6	2,6
21,0	22,0	23,0	24,0	25,0	26,0	27,0	28,0	29,0	30,0	31,0
2,5	2,4	2,4	2,4	2,4	2,3	2,2	2,3	2,2	2,1	2,0
32,0	33,0	34,0	35,0	36,0	37,0	38,0	39,0	40,0	41,0	42,0
2,0	2,0	2,0	1,9	1,8	1,8	1,7	1,6	1,6	1,6	1,6
43,0	44,0	45,0	46,0	47,0	48,0	49,0	50,0	51,0	52,0	53,0
1,6	1,5	1,5	1,4	1,5	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	1,2
54,0	55,0	56,0	57,0	58,0	59,0	60,0	61,0	62,0	63,0	64,0
1,2	1,2	1,2	1,2	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,0	1,0
65,0	66,0	67,0	68,0	69,0	70,0	71,0	72,0	73,0	74,0	75,0
1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
76,0	77,0	78,0	79,0	80,0	81,0	82,0	83,0	84,0	85,0	86,0
0,9	0,9	0,9	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
87,0	88,0	89,0	90,0	91,0	92,0	93,0	94,0	95,0	96,0	97,0
0,8	0,8	0,8	0,8	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
98,0	99,0	100,0	101,0	102,0	103,0	104,0	105,0	106,0	107,0	108,0
0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
109,0	110,0	111,0	112,0	113,0	114,0	115,0	116,0	117,0	118,0	119,0

СТУДЕНТСЬКИЙ ВІСНИК
НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ВОДНОГО ГОСПОДАРСТВА ТА ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

Таблиця 3

Дослід 3. Фільтр 3 – двошаровий (пісок і антрацит)

$e = 47 \quad e_0 = 5,1$

e_k	0,6	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,1	1,2
t,c	16	41	42	43	44	45	46	47	48	49
1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2	2,1	2,1	2,2
50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,7	2,7	2,7	2,8	2,8	2,8
61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
2,9	2,8	2,8	2,8	2,7	2,6	2,5	2,4	2,3	2,2	2,1
81	82	83	84	87	90	93	96	99	102	105
2	1,9	1,8	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1
108	111	114	117	122	125	130	135	141	149	160

Таблиця 4

Дослід 4. Фільтр 1 – дрібнозернистий

$e = 79,6 \quad e_0 = 7,2$

e_k	0,6	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,1	1,2	1,1
t,c	10	38	43	46	51	53	55	58	59	60
1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2	2,1	2,2	2,3	2,4
61	62	63	64	65	66	67	68	69	71	72
2,5	2,6	2,7	2,9	3	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6
73	74	76	77	79	81	82	83	85	87	89
3,8	3,9	4	4,1	4,2	4,3	4,4	4,5	4,3	4,2	4,1
91	94	97	100	101	102	105	120	121	122	123
4	3,9	3,8	3,7	3,9	3,5	3,4	3,3	3,2	3,1	3
124	125	127	128	129	130	131	132	135	136	140
2,9	2,8	2,7	2,6	2,5	2,7	2,3	2,2	2,1	2	1,9
141	142	143	144	150	152	153	155	156	161	164
1,8	1,7	1,8	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1
167	168	169	170	171	177	179	187	198	213	233

Таблиця 5

Дослід 5. Фільтр 2 – крупнозернистий

$e = 159 \quad e_0 = 11$

e_k	4,6	4,3	4,2	4,1	4	3,9	3,8	3,7	3,6	3,5
t,c	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
3,4	3,3	3,2	3,1	3	2,9	2,8	2,7	2,6	2,5	2,4
10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	44
2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3	2,9	2,8	2,7	2,6	2,5
57	64	71	77	89	92	95	101	104	107	113
2,3	2,2	2,1	2	1,9	1,8	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
118	124	125	126	132	138	142	151	158	167	173
1,2	1,1	1	0,9	0,8	0,7	0,6				
180	195	209	235	264	304	305				

Таблиця 6

Дослід 6. Фільтр 3 – двошаровий (пісок і антрацит)

 $e = 107 \quad e_0 = 17,9$

e_k	0,6	1,1	1,2	1,3	1,4	1,7	1,7	1,9	2,6	3,1
t, c	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
2,9	3,1	3,2	3,4	3,7	3,3	3,8	4,1	4,3	4,6	4,7
51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61
4,9	5	5,1	5,2	5,1	5	4,9	4,8	4,6	4,5	4,4
62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72
4,3	4,2	4,1	4	3,9	3,7	3,6	3	2,9	2,8	2,7
73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83
2,6	2,5	2,4	2,3	2,2	2,1	2	1,9	1,8	1,7	1,6
84	85	86	87	88	89	92	95	96	99	102

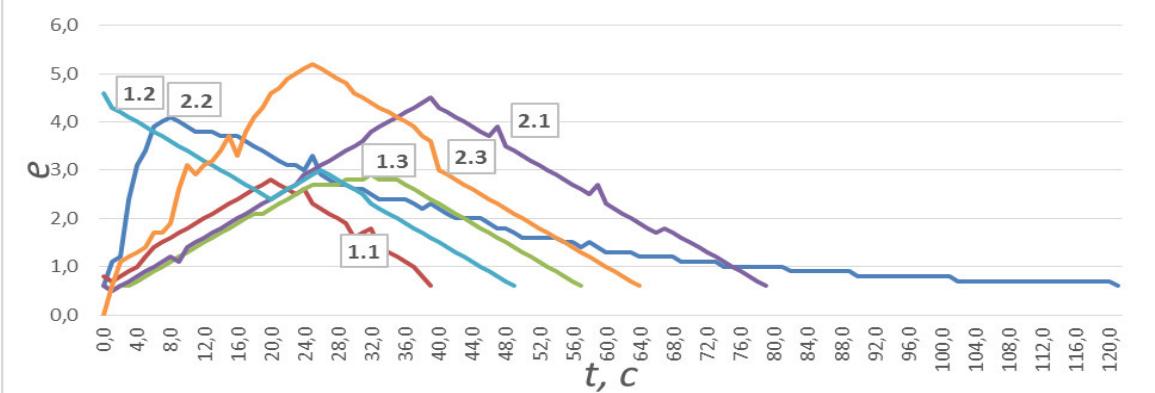


Рисунок. Криві часу перебування води в лабораторних фільтрах – I, II і III:
 1.1 – I фільтр з $m = 10$ г, 1.2 – II фільтр з $m = 10$ г, 1.3 – III фільтр з $m = 10$ г,
 2.1 – I фільтр з $m = 20$ г, 2.2 – II фільтр з $m = 20$ г, 2.3 – III фільтр з $m = 20$ г

Аналіз отриманих результатів досліджень дає змогу вважати, що криві часу перебування води в лабораторних фільтрах (рис) можуть бути описані комірковою модельлю за допомогою рівняння:

$$\frac{1}{m} \cdot \frac{dc}{dt} = \frac{Q}{V_i} (C_{i-1} - C_i) \quad (1)$$

V_i – об’єм i -ї комірки досліджуваного лабораторного фільтра; m – кількість комірок;
 C_i – концентрація трасера у i -ї комірці.

Кількість комірок визначають за формулою: $m = \frac{1}{\sigma^2}$ (σ – дисперсія).

Висновки. В ході експериментів були отримані криві розподілу часу перебування води у фільтрі, які свідчать про те, що моделі фільтрів відносяться до моделей дифузійного типу. В реальному фільтрі гідродинамічні характеристики можуть змінюватися за рахунок утворення укладень.

Список використаних джерел:

- Левеншпиль О. Инженерное оформление химических процессов / О. Левеншпиль. – М. : Химия, 1969. – 624 с.
- Бейли Дж. Основы биохимической инженерии /Дж. Бейли, Д. Олліс. – М. : Мир, 1989. – 590 с.
- Орлов В.О. Водопостачання. Підручник для вузів / В. О. Орлов, А. М. Тугай. – Рівне: РДТУ, 2001. – 429с.
- Сівак В. М. Основи системного аналізу. Інтерактивний комплекс навчально – методичного забезпечення. Навчальний посібник / В. М. Сівак, В. О. Орлов. – Рівне : НУВГП, 2008. – 122 с.