

11. Pelykh, S. N. A method for VVER-1000 fuel rearrangement optimization taking into account both fuel cladding durability and burnup [Text] / S. N. Pelykh, M. V. Maksimov, G. T. Parks // Nuclear Engineering and Design. — 2013. — Vol. 257, № 4. — P. 53–60. doi:10.1016/j.nucengdes.2012.12.022.

#### ДОСЛІДЖЕННЯ НАДІЙНОСТІ ОБОЛОНОК ТЕПЛОВИДІЛЯЮЧОГО ЕЛЕМЕНТА ВОДО-ВОДЯНОГО ЕНЕРГЕТИЧНОГО РЕАКТОРА

Розглядаючи усереднений по тепловиділяючій збірці (ТВЗ) водо-водяного енергетичного реактора потужністю 1000 МВт (ВВЕР-1000) тепловиділяючий елемент (твел), знайдена кількість твелів, для яких вірогідність розгерметизації оболонок після 4 років експлуатації Хмельницької АЕС-2 (ХАЕС-2) є найбільшою. Це дозволить розраховувати вірогідність розгерметизації оболонок твелів і визначати найбільш вірогідні пошкоджені оболонки, що дасть можливість покращити роботу і економічні показники ВВЕР.

**Ключові слова:** ВВЕР, оболонка твела, дослідження надійності оболонок, Хмельницька АЕС-2 (ХАЕС-2).

**Бакутяк Елена Викторовна**, кафедра автоматизації тепло-енергетичних процесів, Одеський національний політехнічний університет, Україна, e-mail: [OlenkaRomashka@gmail.com](mailto:OlenkaRomashka@gmail.com).  
**Пельх Сергей Николаевич**, доктор технічних наук, доцент, кафедра автоматизації теплоенергетичних процесів, Одеський національний політехнічний університет, Україна, e-mail: [1@pelukh.net](mailto:1@pelukh.net).

**Бакутяк Елена Вікторівна**, кафедра автоматизації тепло-енергетичних процесів, Одеський національний політехнічний університет, Україна.

**Пельх Сергей Миколайович**, доктор технічних наук, доцент, кафедра автоматизації теплоенергетичних процесів, Одеський національний політехнічний університет, Україна.

**Bakutyak Helena**, Odessa National Polytechnic University, Ukraine, e-mail: [OlenkaRomashka@gmail.com](mailto:OlenkaRomashka@gmail.com).

**Pelykh Serhii**, Odessa National Polytechnic University, Ukraine, e-mail: [1@pelukh.net](mailto:1@pelukh.net)

УДК 621.144.2

Добровольська О. Г.

## РОЗРОБКА ДАНИХ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ПОТОКОРОЗПОДІЛУ В РЕАЛЬНОМУ ЧАСІ

Представлено математичну модель, яка описує поточкорозподіл у водопровідних мережах в реальному часі. Розроблено програму для визначення фактичного поточкорозподілу за результатами вимірювання тисків в контрольних вузлах. Представлено результати, отримані при використанні цієї програми для визначення фактичних витрат в ділянках мережі та встановлення місць витоків на прикладі спрощеної схеми мережі одного з мікрорайонів м. Запоріжжя.

**Ключові слова:** математична модель, поточкорозподіл, фактичні витрати, вимірювання тисків, контрольні вузли.

### 1. Вступ

В сучасній практиці контроль поточкорозподілу у водопровідних мережах ведеться опосередковано, орієнтуючись на тиск в окремих точках. Загальний незадовільний стан водопровідних мереж в Україні та висока аварійність на них вимагають від диспетчерських служб комунальних підприємств оперативного реагування для ліквідації наслідків аварійних ситуацій.

З огляду на це актуальним являється визначення величини потоків в окремих магістралях в умовах реального часу для того, щоб управляти поточкорозподілом, маючи інформацію не тільки про величини тисків в окремих вузлах мережі, але й про величини фактичних витрат в характерних ділянках. Це дозволило б диспетчеру контролювати зміну поточкорозподілу при корегуванні тисків в характерних точках. Реалізація таких дій на основі розробки сучасних інформаційних технологій значно покращує процеси керування роботою кільцевих водопровідних мереж, чим і обґрунтовується актуальність проведення даних досліджень.

### 2. Аналіз літературних даних і постановка проблеми

В області управління роботою водопровідних мереж в нашій країні застосовуються програмні продукти,

орієнтовані на формування вихідних даних шляхом імпортування файлів з існуючих геоінформаційних систем [1, 2], надається увага удосконаленню гідравлічних розрахунків мереж з урахуванням критеріїв їх надійності [3], удосконаленню систем подачі і розподілу води із врахуванням зміни їх параметрів в процесі експлуатації [4].

Іноземні фахівці зосереджуються на дослідженні стану внутрішньої поверхні трубопроводів та їх залишкового ресурсу [5] моделюванні аварійних ситуацій [6] знаходженні місць витоків при наявності повної інформаційної бази [7], застосуванні інформаційних систем для контролю гідравлічних характеристик мережі [8]. Питання технологічного контролю поточкорозподілу вирішуються за результатами виконання гідравлічних розрахунків, але при цьому визначаються можливі витрати на ділянках мережі на стадії її проектування без врахування тисків у контрольних вузлах в реальному часі їх вимірювання, не вирішуються питання про необхідну кількість та розташування контрольних вузлів на мережі.

Крім того, недостатня надійність трубопроводів, що є характерним для більшості міст в нашій країні та являється проблемою комунальних підприємств інших європейських держав, негативно позначається на якості питної води і потребує оперативного виявлення зони витоків та ліквідації їх наслідків. В цілому погіршення якості води характерно для старих протяжних мереж із

сталевих або чавунних труб [9], що проявляється через хімічні [10] та бактеріологічні ознаки [11].

Метою проведених досліджень була розробка теоретичних основ визначення фактичних витрат для оперативного контролю поточкорозподілу в ділянках водопровідної мережі.

Для досягнення поставленої мети необхідно удосконалити математичну модель поточкорозподілу для визначення витрат на ділянках мережі в умовах реального часу з урахуванням значень тиску, заміряного в контрольних вузлах, та розробити програму для розрахунку фактичних витрат в ділянках на основі оперативного вимірювання тисків в окремих вузлах.

### 3. Теоретичні аспекти визначення витрат води в умовах реального часу

**3.1. Математична модель поточкорозподілу в умовах реального часу.** Поточкорозподіл в кільцевій мережі при усталеному русі описується відомими залежностями Кірхгофа:

$$\sum Q_{\text{вузл}} = 0; \quad \sum h_k = 0, \quad (1)$$

де  $\sum Q_{\text{вузл}}$  — сума витрат води у вузлі;  $\sum h_k$  — сума витрат напору у кільці.

В цих рівняннях відсутні такі характеристики як тиски чи напори у вузлах, якими частіше всього користуються при оперативному керуванні роботою водопровідної мережі і які дуже просто виміряти в будь-який момент часу. Величина напору в будь-якій точці визначається залежністю:

$$H = \rho g \cdot P_i, \quad (2)$$

де  $\rho$  — густина рідини,  $\text{кг/м}^3$ ;  $g$  — прискорення вільного падіння,  $\text{м/с}^2$ ;  $P_i$  — тиск, що вимірюється манометром.

Напір визначає таку характеристику водопровідної мережі як п'єзометричний тиск, який в кожному  $i$ -му вузлі визначається залежністю:

$$P_i = Z_i + H_i = Z_i + \rho \times g \times P_i, \quad (3)$$

де  $P_i$  — п'єзометрична позначка в  $i$ -му вузлі, м;  $Z_i$  — абсолютна позначка в  $i$ -му вузлі, м;  $H_i$  — вільний напір в  $i$ -му вузлі, м.

Рух води в будь-якій  $i-j$  ділянці водопровідної мережі характеризується величиною:

$$\Delta P_{i-j} = P_i - P_j = h_{i-j} = s_{i-j} \times Q_{i-j}^2, \quad (4)$$

де  $P_i$  — п'єзометрична позначка у  $i$ -му вузлі, від якого вода рухається до вузла  $j$ -го;  $P_j$  — п'єзометрична позначка у  $j$ -му вузлі;  $h_{i-j}$  — втрати напору на ділянці  $i-j$ ;  $s_{i-j}$  — повний опір на ділянці  $i-j$ ;  $Q_{i-j}$  витрата на ділянці  $i-j$ .

Із залежностей (1, 2) та (4) видно, що напори, які можна легко виміряти, пов'язані з витратами води на ділянках. При усталеному русі задовольняються умови (1).

**3.2. Критерії адекватності моделі.** Розглянемо одно-кільцеву мережу, показану на рис. 1.

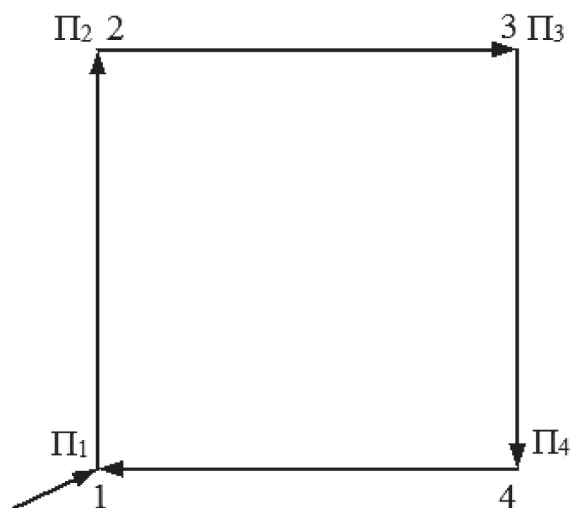


Рис. 1. Однокільцева мережа: 1–4 — номери вузлів;  $P_1$ – $P_4$  — п'єзометричні позначки у вузлах

Якщо не корегувати вільні напори у відповідних вузлах, то ці умови справедливі для будь-якого рівня визначення п'єзометричних позначок. Тоді для будь-якого кільця справедлива умова:

$$\Delta P_{i-j} = 0, \quad (5)$$

де  $\Delta P_i$  має знак «+» чи «-» в залежності від напрямку руху в кільці.

В розгорнутому вигляді рівняння (5) буде мати вигляд:

$$P_1 - P_2 + P_2 - P_3 = P_1 - P_4 + P_4 - P_3, \quad (6)$$

або

$$P_1 - P_3 = P_1 - P_3. \quad (7)$$

Для того, щоб визначити витрати в кожній з ділянок одного кільця за результатами вимірювання тисків інструментально, їх треба виміряти у всіх вузлах, що практично не здійснити. Тому необхідно знати спосіб, який при мінімальному об'ємі вимірювань дозволяє з використанням загальних закономірностей поточкорозподілу в кільцевих водопровідних мережах визначати реальні витрати в кожній ділянці мережі.

Припустимо, що в одно-кільцевій мережі (рис. 1) виміряні тиски у вузлах 1 і 3. Тоді в момент вимірювання при усталеному русі буде справедливе рівняння:

$$h_{1-2-3} = h_{1-4-3},$$

де  $h_{1-2-3}$  — втрати напору на ділянках 1–2 та 2–3;

$$h_{1-4-3} \text{ — втрати напору на ділянках 1–4 та 4–3.} \quad (8)$$

Тобто сумарні втрати напору, які рахуються «за направленням руху годинникової стрілки» та «проти» рівні. Величина цих втрат напору визначається залежністю (9):

$$h_{1-2-3} = h_{1-2} + h_{2-3} = s_1 q_1^2 + s_2 q_2^2, \tag{9}$$

де  $h_{1-2}$ ,  $h_{2-3}$  — втрати напору на ділянках відповідно 1–2 та 2–3;  $s_1$ ,  $s_2$  — повні опори ділянок відповідно 1–2 та 2–3;  $q_1$ ,  $q_2$  — витрати води на ділянках 1–2 і 2–3 відповідно.

Якщо визначити (або виміряти безпосередньо чи опосередковано) одну з витрат, що входить в рівняння (9), наприклад,  $q_1$ , то інша витрата визначається однозначно залежністю:

$$q_2 = \sqrt{\frac{h_{1-2-3}}{s_2}} - q_1 \sqrt{\frac{s_1}{s_2}}. \tag{10}$$

З формули (10) видно, що при відомій витраті на ділянці 1–2 витрата на ділянці 2–3 однозначно визначається співвідношенням повних опорів ділянок  $s_1$  і  $s_2$ . Оскільки величини повних опорів обох ділянок на момент вимірювання фіксовані і визначаються їх конструктивними характеристиками і станом експлуатації, то при відомій витраті на одній ділянці, витрата на другій ділянці теж буде відомою.

З іншого боку, якщо на момент вимірювання повні опори ділянок 1–3 і 3–4 не змінюються, то при будь-яких величинах сумарних витрат напору на напрямі 1–3–4 співвідношення між витратами на цих ділянках буде визначатися співвідношенням їх повних опорів. Отже при визначенні різниці п'єзометрів на основі реального вимірювання тисків манометрами з врахуванням геодезичних позначок на будь-якій з ділянок витрати в усіх ділянках кільця будуть визначатися однозначно на момент вимірювання.

Для підвищення точності визначення витрат в ділянках мережі вимірювання п'єзометричних напорів доцільно проводити в кількох вузлах мережі, розташованих на магістралі з однозначним напрямом руху води між крайніми вузлами вимірювання. При цьому вплив результатів вимірювання на окремих ділянках, які знаходяться між вузлами вимірювання, можна оцінити за формулою:

$$\Delta q = \frac{\Delta h_n}{2 \sum (sq)_K^{KB}}, \tag{11}$$

де  $\Delta q$  — ув'язувальна витрата для кільця з врахуванням розглядаємого напрямку;  $\Delta h_n$  — різниця між теоретичною сумою втрат напору на напрямі, який розглядається і сумою втрат напору на основі інструментального вимірювання, що визначається за формулою:

$$\Delta h_n = \left| \sum h_i - (П_{поч} - П_K) \right|, \tag{12}$$

де  $\sum_1^n h_i$  — сумарні втрати напору на  $n$  ділянках, які входять в напрям, що розглядається,  $m$ ;  $П_{поч}$ ,  $П_K$  — п'єзометричні позначки в початковому і кінцевому вузлі напрямку вимірювання;  $\sum (sq)_K$  — сума добутків  $sq$  для кільця, в які входять ділянки на напрямі вимірювання.

### 3.3. Алгоритм визначення фактичних витрат з урахуванням тисків в контрольних вузлах.

Запропонована математична модель описує віртуальну п'єзометричну поверхню над кільцевою водопровідною мережею і дозволяє вести оперативний контроль як напорів в окремих вузлах мережі, так у всіх її ділянках. З цією метою було розроблено програму для розрахунку витрат в ділянках на основі оперативного вимірювання тисків в деяких її вузлах GIDRAST  $\Delta h$ . Програма базується на укрупненому алгоритмі, який включає такі етапи: виконується гідравлічна ув'язка мережі за методом Лобачова-Кросса; визначаються сумарні втрати напору між контрольними точками вимірювання тисків; порівнюється сумарна втрата напору в мережі між контрольними точками на основі розрахунку з такими ж витратами на основі вимірювання; при неспівпаданні цих величин вносяться виправлення в величини витрат ділянок, які знаходяться на лінії вимірювання; продовжується процес ув'язки мережі до досягнення умов (1); у випадку, коли сходиність процесу відсутня, змінюється точність ув'язки та попередні етапи повторюються до досягнення умов (1) з новою точністю процесу ув'язки, величина якого вказується після завершення розрахунку.

### 4. Апробація результатів дослідження

Використання програми дає можливість визначити фактичні витрати одночасно для всіх ділянок мережі в реальному часі вимірювання тисків в окремих вузлах [12]. Ця інформація може бути корисною для диспетчерських служб комунальних підприємств при визначенні місць витоків в мережі [13] та розташування контрольних вузлів. Результати застосування програми GIDRAST  $\Delta h$  для визначення розташування місць витоків у мережі одного з мікрорайонів м. Запоріжжя, схема якої показана на рис. 2, приведені у табл. 1.

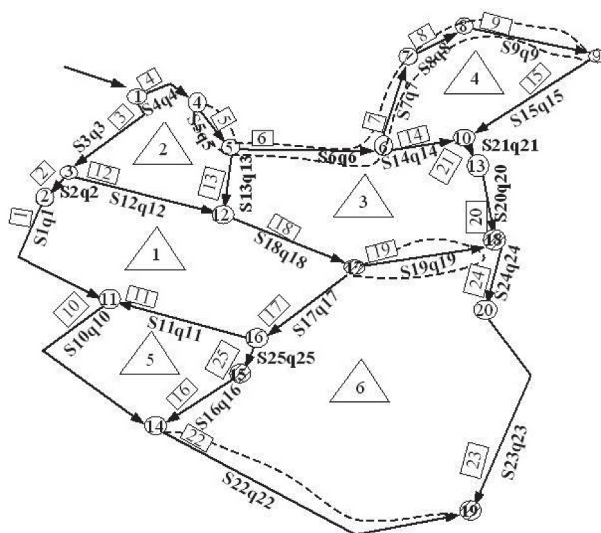


Рис. 2. Визначення місць витоків:  $\triangle$ ,  $\square$  — номери ділянок;  $\odot$  — номери вузлів; S1–S25 — опори ділянок; q1–q25 — витрати на ділянках;  $\circ$  — зона витоків

Спочатку кільцева мережа була розрахована за відомим способом у режимі максимального водоспоживання. В результаті розрахунку отримані витрати на її ділян-

ках  $q_i^{\text{гп}} - q_k^{\text{гп}}$  та втрати напору  $h_i^{\text{гп}} - h_k^{\text{гп}}$  були прийняті за граничні. Якщо при нормальних умовах роботи перепад п'єзометрів, визначених з урахуванням тисків, замірених в контрольних вузлах 15, 17, 18, 19 складає  $\Delta\Pi_{17-18} = 1,8$ ,  $\Delta\Pi_{15-19} = 1,32$ , то на момент необхідності визначення наявності витоків перепад п'єзометрів, визначених за тисками, вимірених в контрольних вузлах, становив  $\Delta\Pi_{17-18} = 4,0$  м,  $\Delta\Pi_{15-19} = 3,1$  м. Для діагностики зон можливих витоків мережа була розрахована з урахуванням  $\Delta\Pi_{17-18} = 3,9$  м,  $\Delta\Pi_{15-19} = 3,0$  м за приведеним алгоритмом, в результаті чого були отримані фактичні витрати для всіх ділянок  $q_i^{\text{ф}} - q_k^{\text{ф}}$  та втрати напору на них  $h_i^{\text{ф}} - h_k^{\text{ф}}$ , які є реальними на момент вимірювання перепадів тисків (табл. 1).

Таблиця 1

Результати порівняння граничних та фактичних витрат води на магістральних ділянках за перепадом тиску, заміряного у вузлах № 15, 17, 18, 19

Номер ділянки	Діаметр, мм	Код ділянки	Витрата, л/с		$p_q$ , %	Втрати напору, м		$p_h$ , %
			граничні значення	фактичні значення		граничні значення	фактичні значення	
1	400	1-0	55,07	55,58	0,8	0,74	0,76	2,7
2	800	1-0	68,07	68,58	0,7	0,01	0,01	0
3	800	2-0	234,74	246,51	5	0,16	0,17	6,3
4	800	0-2	246,26	234,49	4,7	0,12	0,11	8,3
<b>5</b>	800	0-2	189,5	224,49	<b>18,5</b>	0,12	0,17	<b>41,7</b>
<b>6</b>	400	0-3	77,53	128,02	<b>66,7</b>	1,01	2,74	<b>176,2</b>
<b>7</b>	400	0-4	3,21	35	<b>998</b>	0,01	0,17	<b>160</b>
<b>8</b>	300	0-4	13,21	25	<b>91,1</b>	0,07	0,24	<b>243</b>
<b>9</b>	300	0-4	23,55	15	<b>35,2</b>	0,4	0,16	<b>57,5</b>
10	300	5-0	73,26	74,11	1,1	7,15	7,32	2,2
11	400	1-5	48,19	48,53	0,8	0,38	0,39	2,6
12	800	2-1	151,67	162,93	7,4	0,1	0,12	20
13	800	3-2	94,97	79,47	17,5	0,02	0,015	50
14	400	4-3	67,74	80,02	19,5	0,41	0,57	41,4
15	300	4-0	9,55	1	113	0,08	0,01	100
16	600	6-5	29,77	58,37	101	0,01	0,04	40
17	800	6-1	101,95	102,65	0,7	0,04	0,04	0
18	800	3-1	228,64	224,4	2,3	0,22	0,21	4,5
<b>19</b>	400	3-6	107,69	156,16	<b>46,8</b>	1,81	<b>3,81</b>	<b>115</b>
20	400	0-3	54,29	58,02	9	0,36	0,41	19,4
21	400	0-3	64,29	68,02	7,6	0,28	0,31	14,3
<b>22</b>	400	6-0	57,03	86,48	<b>54,2</b>	1,31	<b>3</b>	<b>137</b>
23	400	0-6	116,97	115,77	0,9	4,27	4,19	1,8
24	400	0-6	176,97	175,77	0,7	2,79	2,76	1,1
25	200	6-5	37,77	38,12	0,9	7,52	7,66	2,7

В результаті порівняння фактичних витрат напорів  $h_i^{\text{ф}} - h_k^{\text{ф}}$  з їх граничними значеннями  $h_i^{\text{гп}} - h_k^{\text{гп}}$  вста-

новлена відносна величина можливих витоків у мережі та ділянки, в яких ці витoki мають місце за умовою:

$$p_h = \frac{|h_{i-k}^{\text{ф}} - h_{i-k}^{\text{гп}}|}{h_{i-k}^{\text{гп}}} \geq \delta, \quad (13)$$

де  $i-k$  — номер ділянки,  $k$ ;  $h_{i-k}^{\text{ф}}$  — фактична втрата напору на ділянці  $i-k$ ;  $h_{i-k}^{\text{гп}}$  — гранична втрата напору на ділянці  $i-k$ ;  $\delta$  — припустима відмінність між фактичною та режимною втратою напору.

За перепадом статичного тиску, заміряного у 4 контрольних вузлах мережі 15, 17, 18, 19, визначено зону розташування можливих витоків (рис. 2), утворену ділянками № 5–9 та № 19, 22 (рис. 2), в якій розташовані пошкоджені ділянки без додаткових улаштувань на всіх магістральних ділянках мережі у реальному часі.

## 5. Висновки

Виконано теоретичне обґрунтування адекватності описаної математичної моделі, що дозволяє однозначно встановлювати розподіл витрат води в ділянках мережі згідно із заміреними перепадами тисків в окремих вузлах.

В умовах розвитку інформаційних технологій адекватності набуває застосування оптимізаційних методів управління поточкорозподілом, для чого диспетчерським службам необхідна інформація про фактичні витрати на ділянках мережі.

Таким чином, можна зробити висновок про необхідність застосування диспетчерськими службами інформації про фактичні витрати в ділянках мережі, що дозволяє встановлювати місця можливих витоків та уточнювати розташування контрольних вузлів.

## Література

1. Трильовська, М. Використання гідравлічної моделі EPANET у м. Львові [Текст]: зб. доп. міжнар. конгресу ЕТЕВК-2001, 22–26 трав. 2001 р. / М. Трильовська, М. Кузан // Екологія, технологія, економіка, водопостачання та каналізації. — 2001. — С. 23–25.
2. Кушка, О. WATERCAD — програма для проектування та оптимізації водопровідних мереж [Текст] / О. Кушка // Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки. — 2003. — № 1. — С. 63–71.
3. Косінов, В. П. Вдосконалення водопровідних мереж з урахуванням мінливості критеріїв надійності та економічності в процесі експлуатації [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.04 / В. П. Косінов; НУВГП. — Рівне, 2005. — 20 с.
4. Ткачук, О. А. Удосконалення систем подачі та розподілення води населених пунктів [Текст] / О. А. Ткачук. — Рівне: НУВГП, 2008 — 301 с.
5. Liu Zheng. Condition Assessment Technologies for Water Transmission and Distribution Systems [Text] / Zheng Liu, Yehuda Kleiner, Balvant Rajani; Institute for Research in Construction National Research Council Canada. — Ottawa: Ontario K1A 0R6 Canada, 2012. — 149 p.
6. Obradović, D. Modelling of demand and losses in real-life water distribution systems [Text] / D. Obradović // Urban Water. — 2000. — Vol. 2, № 2. — P. 131–139. doi:10.1016/s1462-0758(00)00051-0.
7. Butler, D. Leakage detection and management. A comprehensive guide to technology and practice in the water supply industry [Text] / D. Butler. — Published by Palmer Environmental, 2000. — 124 p.
8. Deb, A. K. Guidance for management of distribution system operation and maintenance [Text] / A. K. Deb, K. A. Momberger, Ya. J. Hasit, F. M. Grablutz. — Amer Water Works Assn, 2000. — 185 p.



9. Kwietniewski, M. Technologie odnowy komunalnych sieci wodociagowych w Polsce w latach 2000–2005 w swietle danych z eksploatacji [Text] / M. Kwietniewski, K. Miszta-Kruk, A. Osiecka, J. Parada // XX jubileuszowa-krajowa. VIII Międzynarodowa konferencja naukowo-techniczna «Zaopatrzenie w wodę, jakości ochrona wód», 15–18 June 2008. — Poland, 2008. — P. 177–186.
10. Wargin, A. Influence of sulphate reducing bacteria on water quality in water network [Text] / A. Wargin, M. Skucha // XX jubileuszowa-krajowa. VIII Międzynarodowa konferencja naukowo-techniczna «Zaopatrzenie w wodę, jakości i ochrona wód», 15–18 June 2008. — Poland, 2008. — P. 131–136.
11. Pietryja, C. Poprawa jakości wody do picia poprzez stosowanie nowoczesnej metody regeneracji sieci wodociagowej przy pomocy wklejanego rękawa — process phoenix® [Text] / C. Pietryja // XX jubileuszowa-krajowa. VIII Międzynarodowa konferencja naukowo-techniczna «Zaopatrzenie w wodę, jakości i ochrona wód», 15–18 June 2008. — Poland, 2008. — P. 197–206.
12. Пат. 73512 Україна, МПК G 01 F 1/34. Спосіб визначення витрат рідинних або газових середовищ в ділянках мереж транспортування [Електронний ресурс] / Добровольська О. Г., Українець М. О., Сокольник В. І.; заявник і власник Запорізька державна інженерна академія. — № u2012 03189; заявл. 19.03.2012; опубл. 25.09.2012, Бюл. № 18. — Режим доступу: \www/URL: <http://uapatents.com/8-73512-sposib-viznachennya-vitrat-ridinnikh-abo-gazovikh-seredovishh-v-dilyankakh-meresh-transportuvannya.html>.
13. Пат. 87782 Україна, МПК F 17 D 5/02. Спосіб діагностики зон витоків з водопровідних мереж [Електронний ресурс] / Добровольська О. Г., Українець М. О., Сокольник В. І.; заявник і власник Запорізька державна інженерна академія. —

№ u2013 06473; заявл. 24.05.2013; опубл. 25.02.2014, Бюл. № 4. — Режим доступу: \www/URL: <http://uapatents.com/7-87782-sposib-diagnostiki-zon-vitokiv-z-vodoprovodnikh-meresh.html>.

#### РАЗРАБОТКА ДАННЫХ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ПОТОКОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ

Представлена математическая модель, которая описывает потокораспределение в водопроводных сетях в реальном времени. Разработана программа для определения фактического потокораспределения по результатам измерения давлений в отдельных узлах. Представлены результаты, полученные при использовании этой программы для определения фактических расходов на участках сети и обнаружения мест утечек воды на примере упрощенной схемы сети одного из микрорайонов г. Запорожья.

**Ключевые слова:** математическая модель, потокораспределение, фактические расходы, измерение давлений, контрольные узлы.

*Добровольська Оксана Григорівна, старший викладач, кафедра водопостачання та водовідведення, Запорізька державна інженерна академія, Україна, e-mail: dogoks@gmail.com.*

*Добровольская Оксана Григорьевна, старший преподаватель, кафедра водоснабжения и водоотведения, Запорожская государственная инженерная академия, Украина.*

*Dobovol'skaya Oksana, Zaporozhya State Engineering Academy, Ukraine, e-mail: dogoks@gmail.com*

УДК 005. + 001.891.3

Доценко С. И.

## К ВОПРОСУ О КРИЗИСЕ СИСТЕМНОЙ МЕТОДОЛОГИИ И ПУТИ ЕГО ПРЕОДОЛЕНИЯ

*В статье выполнен анализ проблем, стоящих перед общей теорией систем. Показано, что введение дополнительной категории «управление» не решает проблемы однозначного определения категории «система». Показана необходимость введения категории «деятельность». На основании этой категории удалось обосновать определение категории «целое» и показать ее отличие от категории «система». Удалось установить форму отношений категорий «целое» и «система».*

**Ключевые слова:** система, системность, целое, целостность, деятельность, категория, управление, отношение, теория, структура.

### 1. Введение

В настоящее время системная методология развивается в двух направлениях, а именно: в направлении развития общей теории систем, а также в направлении развития специальных теорий систем. Для системной методологии фундаментальной нерешенной проблемой является проблема однозначного определения содержания категории «система». Поэтому встает задача поиска новых путей ее решения. Первый путь предполагает поиск однозначного определения содержания категории «система». Второй путь предполагает поиск альтернативных методологий исследования с применением альтернативных категорий теории познания.

В работе предпринята попытка поиска альтернативной методологии познания действительности и установления отношения категории «система» к искомой категории.

### 2. Анализ литературных данных и постановка проблемы

Характеристика развития общей теории систем приведена в работе Ю. А. Урманцева [1]. Специальные теории систем развиваются в основном по следующим направлениям: математическая теория систем [2]; системология [3]; теория организации [4]; теория управления [5]; теория функциональных систем [6]; общая теория фирмы Я. Корнаи [7].