

О.В. Матяш, В.Г. Новохатній

Полтавський національний технічний університет ім. Ю. Кондратюка, Полтава, Україна

СТАН ПОДАВАЛЬНО-РОЗПОДІЛЬНОГО КОМПЛЕКСУ СИСТЕМИ ВОДОПОСТАЧАННЯ МІСТА

Проаналізовано роботу системи водопостачання м. Кременчук Полтавської області, а саме – подавально-розподільного комплексу (ПРК), який охоплює насосні станції та магістральну водопровідну мережу. Метою дослідження було визначення пропускної спроможності мережі та здатності насосних станцій забезпечити необхідну подачу води. На основі гідравлічних розрахунків побудована п'єзокарта і встановлено, що ПРК має достатню пропускну спроможність.

Ключові слова: система водопостачання, подавально-розподільний комплекс, водопровідна мережа, гідравлічний розрахунок, п'єзометрична карта.

Постановка проблеми

Сучасні системи водопостачання, як технологічні структури, характеризуються конструктивною складністю, динамічністю стану та недосконалістю роботи. Динамічність стану зумовлена змінами, які виникають при експлуатації. Так, незворотні зміни споруд подавально-розподільного комплексу (ПРК) викликані ростом гідравлічних опорів трубопроводів, зношеністю насосних агрегатів, водопровідної арматури і труб. Зміна робочих режимів пов'язана з режимами водоспоживання, вимушеними графіками подавання води та пошкодженнями на водопровідній мережі.

Найбільш ненадійним елементом ПРК є мережа, пошкодження на якій можуть викликати значний матеріальний збиток, який визначається недовідпуском та втратами води, затопленнями, перервами у водопостачанні, затратами на ремонт.

При вдосконаленні методів управління ПРК, актуальним є розроблення методів оперативної діагностики і локалізації пошкоджень, що реалізується шляхом гідравлічних розрахунків.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Науковці та фахівці в галузі водопостачання приділяють постійну увагу підвищенню ефективності роботи ПРК [1 – 3], зменшенню аварій окремих споруд і елементів систем водопостачання [4, 5] та розробленню рекомендацій щодо дій у нештатних ситуаціях [6, 7].

Метою цієї статті є виклад результатів гідравлічних розрахунків системи водопостачання м. Кременчук для врахування стану ПРК при подальшій його реконструкції.

Виклад основного матеріалу

Система водопостачання міста Кременчук поєднує дві частини – систему господарсько-питного водопостачання (СГПВ) і систему технічного водопостачання (СТВ).

Джерелом водопостачання слугує Кременчуцьке водосховище, звідки Власівський водозабір двома сифонними лініями забирає дніпровську воду. Після проходження мікрофільтрів дніпровська вода стає технічною і насосними станціями 1-го підняття подається до розподільних камер, де потік води ділиться на 2 напрямки. За першим – технічна вода надходить на водопровідні очищувальні споруди (ВОС), а за другим – подається водогонами до підприємств Північного промислового вузла.

Згідно з даними КП «Кременчукводоканал», середньодобове водоспоживання становить:

- лівобережна частина (Автозаводський район):

$$Q_{\text{доб}}^{\text{ліва}} = 54961 \text{ м}^3/\text{добу} \text{ або } 2290 \text{ м}^3/\text{год} \text{ або } 636 \text{ л/с};$$

- правобережна частина (Крюків):

$$Q_{\text{доб}}^{\text{права}} = 9189 \text{ м}^3/\text{добу} \text{ або } 383 \text{ м}^3/\text{год} \text{ або } 106 \text{ л/с};$$

- м. Кременчук, разом:

$$Q_{\text{доб}}^{\text{місто}} = 64150 \text{ м}^3/\text{добу} \text{ або } 2673 \text{ м}^3/\text{год} \text{ або } 742 \text{ л/с};$$

Витрата води за добу максимального водоспоживання обчислена за формулою

$$Q_{\text{доб}}^{\text{макс}} = Q_{\text{доб}}^{\text{місто}} K_{\text{доб}}^{\text{макс}}, \quad (1)$$

де $K_{\text{доб}}^{\text{макс}}$ – максимальний коефіцієнт добової нерівномірності водоспоживання. Відповідно до ДБН [8] $K_{\text{доб}}^{\text{макс}} = 1,1 \dots 1,3$. Прийнято $K_{\text{доб}}^{\text{макс}} = 1,1$.

Розрахунки витрат води зведені в таблицю 1.

Таблиця 1

Середні добові, годинні та секундні витрати води м. Кременчук

№ з/п	Частина міста	Витрата води, м ³		
		за добу	за годину	за секунду
1	Лівобережна (Автозаводський район)	54961	2290	0,636
2	Правобережна (Крюків)	9189	383	0,106
3	м. Кременчук у цілому	64150	2672	0,742

Для виконання гідравлічних розрахунків водопровідної мережі вказані витрати води були віднесені до вузлів на водопровідній мережі в л/с. Розра-

хунки максимального та середнього водоспоживання зведено до таблиці 2.

Таблиця 2

Середні та максимальні секундні витрати води м. Кременчук

№ з/п	Частина міста	K_{\max}^{gen}	Водоспоживання, л/с	
			середнє	максимальне
1	Лівобережна (Автозаводський район)	1,41	636	897
2	Правобережна (Крюків)	1,54	106	164
3	м. Кременчук у цілому	1,4	742	1039

Математична модель ПРК включає 4 етапи.

1-й етап. Будується розрахункова схема магістральної водопровідної мережі (для м. Кременчук – це трубопроводи з умовним діаметром 300 мм і більше). На схемі показуються вводи насосних станцій і визначаються вузлові витрати води (рис. 1). Для цього використані дані служби обліку і реалізації води. Визначаються подачі насосних станцій та узгоджується кількість води, що подається та відбирається з мережі.

2-й етап. Будується “дерево” мережі, проводиться гідравлічний розрахунок ПРК та будуються теоретичні п’єзокарти. Опори металевих труб приймаються за формулами Ф.О. Шевельова [9] для ненових труб. Як показує досвід, металеві трубопроводи мають відкладення. Тому теоретичні п’єзокарти дещо не збігаються з фактичною картиною роботи ПРК.

3-й етап. Обчислюються коефіцієнти збільшення гідравлічного опору металевих труб і знаходяться еквівалентні (зменшені) діаметри. Проводиться гідравлічний розрахунок ПРК і будуються фактичні п’єзокарти.

4-й етап. Приймається рішення щодо реконструкції окремих ділянок і виконується новий гідравлічний розрахунок і будуються нові п’єзокарти. Розрахунки повторюються доти, поки не буде вибраний найкращий варіант. Критеріями порівняння приймаються пропускна спроможність мережі та кошторисна вартість реконструкції.

Числові значення коефіцієнтів збільшення опорів знайдені за методикою Ткачука О.А. [5]. Коефіцієнти збільшення опору трубопроводів:

- для сталевих труб

$$k = k_1 \left(1 - \frac{0.0042 \cdot k_1^{0.33}}{d} \right)^{-2.54} \quad (2)$$

- для чавунних труб

$$k = k_1 \left(1 - \frac{0.00353 \cdot k_1^{0.4}}{d} \right)^{-2.45} \quad (3)$$

$$\text{де: } k_1 = 1 + a_2 \lg(T+1), \quad (4)$$

T – кількість років експлуатації трубопроводів (близько 40 років);

a_2 – коефіцієнт, що враховує вплив основних факторів на збільшення гідравлічних опорів

$$a_2 = \alpha_\beta \alpha_m \alpha_e, \quad (5)$$

де α_β – враховує якість води; у даному випадку вода корозійна $\alpha_\beta = 0,65$;

α_m – враховує корозійну стійкість матеріалу (для сталевих труб без внутрішнього покриття $\alpha_m = 1,0$);

α_e – враховує умови експлуатації трубопроводів, який прийнято $\alpha_e = 3,5$.

Питомі опори для металевих ненових труб обчислені за формулою Ф.О. Шевельова [9]

$$s_0^{meop.} = \frac{0,001733}{d_{вн}^{5,3}} \quad (6)$$

Коригування опору ділянок труб мережі виконувалось так, щоб

$$\frac{s_0^{факт.}}{s_0^{meop.}} = k \quad (7)$$

З останньої залежності отримана формула для обчислення еквівалентних діаметрів

$$d_{екв} = \frac{d_{вн}}{\sqrt[5,3]{k}} \quad (8)$$

Виконана гідравлічна ув’язка ПРК для об’єднаної системи.

Порівняльні результати розрахунку подані у таблиці 3. Побудована п'єзокарта для цього періоду (рис. 2).

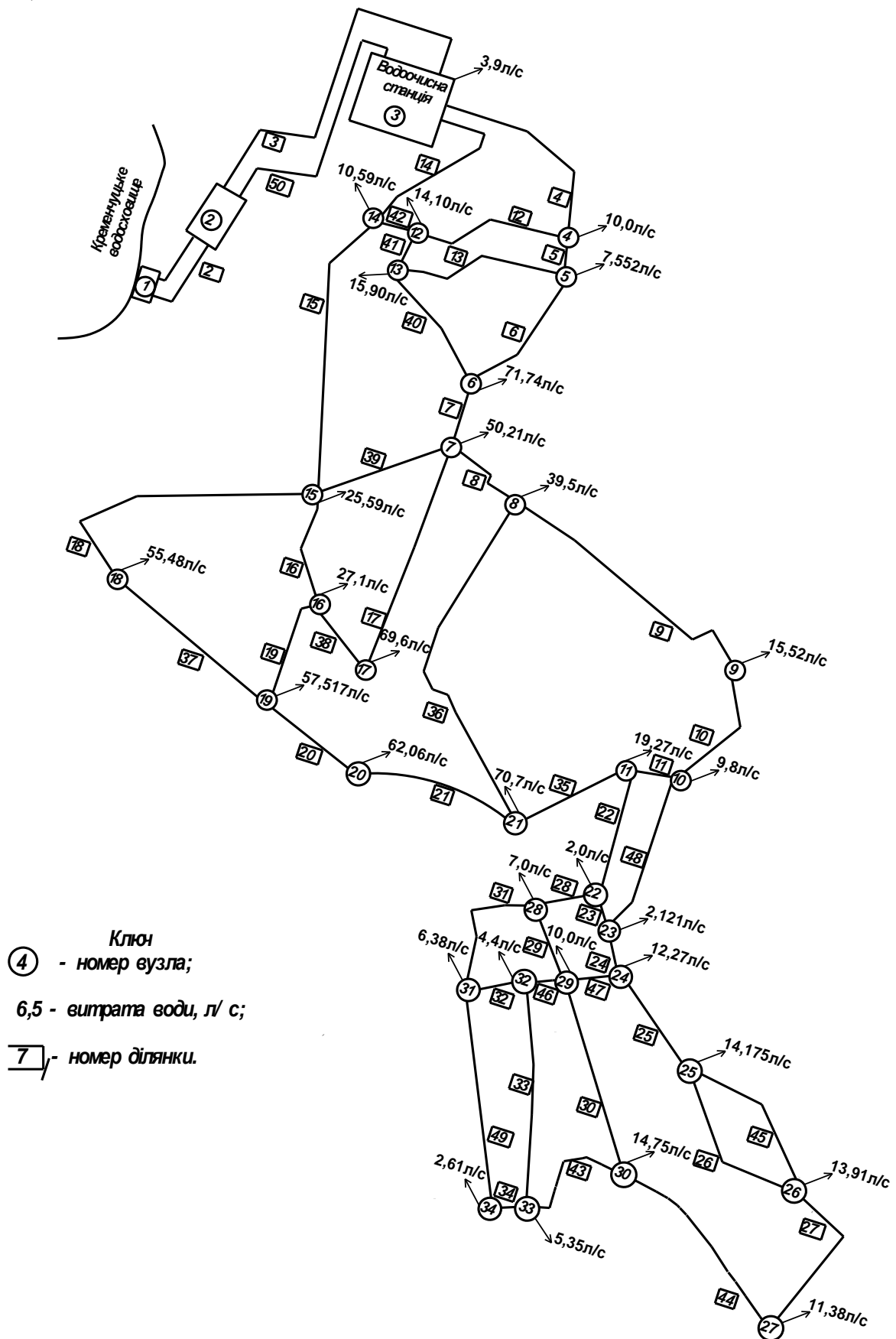


Рис. 1. Розрахункова схема ПРК для періоду максимального водорозбору

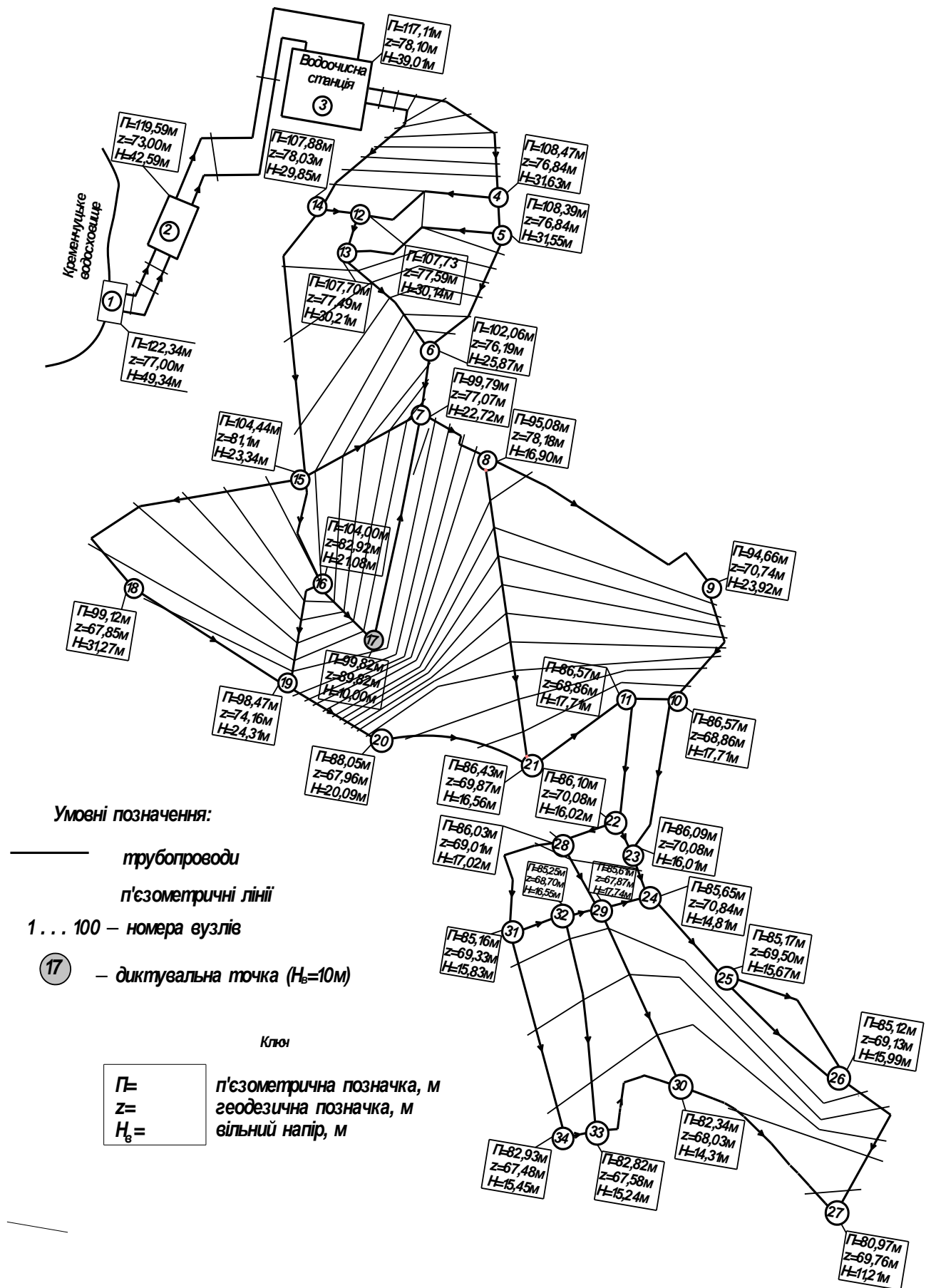


Рис. 2. П'єзокарта для періоду максимального водорозбору об'єднаної системи водопостачання

Таблиця 3

Порівняльні результати розрахунку для періоду максимального водорозбору (об'єднана система)

	<i>Водозабір точка №1</i>	<i>НС-2 ВОС точка №3</i>	<i>КП «Кременчукводоканал» точка №17</i>	<i>Диктувальна точка №17</i>
<i>Розрахунковий напір, м</i>	49,34	39,01	10,0	10,0
<i>Фактичний напір, м</i>	46,6	40,0	10,0	10,0
<i>Розбіжність, м</i>	2,74	0,99	0	0,0

Виконана гідралічна ув'язка ПРК лівобережної частини. Подавання води у Крюків перекрито

засувками у вузлах №10 та №11. Результати розрахунку наведені у таблиці 4.

Таблиця 4

Результати розрахунку для періоду максимального водорозбору (окремо лівобережна частина)

	<i>НС-2 ВОС точка №3</i>	<i>Диктувальна точка №17</i>
<i>Розрахунковий напір, м</i>	34,31	10,0

Виконана гідралічна ув'язка ПРК при роботі Демурицького водозабору на Крюків. Подача води

від водозабору складає 164 л/с. Результати розрахунку наведені у таблиці 5.

Таблиця 5

Результати розрахунку для періоду максимального водорозбору (окремо Крюків)

	<i>НС-2 водозабір (Демурицька)</i>	<i>Диктувальна точка</i>
<i>Розрахунковий напір, м</i>	19,1	10,0

Висновки

1. Для об'єднаної системи водопостачання – розбіжності між розрахунковими і фактичними напорами незначні, що свідчить про достатню точність для інженерних розрахунків; швидкості руху води на ділянках мережі не перевищують економічно обґрунтованих; аналіз п'єзокарти для періоду максимального водорозбору (рис. 2) показує, що ПРК працює у задовільному режимі.

2. Okремо для лівобережної частини міста – диктувальна точка не змістилась і знаходиться у вузлі №17; напір у диктувальній точці найменший з усіх вузлів і складає 10 м; швидкості руху води на ділянках мережі не перевищують економічно обґрунтованих.

3. Okремо для правобережної частини міста – напір у диктувальній точці становить 10 м, а швидкості руху води на ділянках також не перевищують економічно обґрунтованих.

4. У цілому, гідралічні розрахунки ПРК м. Кременчук показали, що магістральна водопровідна мережа має достатню пропускну спроможність, а насосні станції 1-го та 2-го підняття забезпечують подавання необхідної кількості води.

Література

1. Хоружий, П.Д. *Ресурсозберігаючі технології водопостачання [Текст] / П.Д. Хоружий, Т.П. Хомутецька, В.П. Хоружий, 2008. – К.: Аграрна наука. – 534 с.*
2. Ткачук, О.А. *Удосконалення систем подачі та розподілення води населених пунктів [Текст] / О.А. Ткачук, 2008. – Рівне: НУВГП. – 301 с.*
3. Новохатній, В.Г. *Надійність функціонування подавально-розподільного комплексу систем водопостачання [Текст]: дис. докт. техн. наук / В.Г. Новохатній, 2012. – Полтава: ПолтНТУ. – 351 с.*
4. Гіроль, М.М. *Стан водопровідних мереж України та шляхи запобігання погіршенню якості питної води [Текст] / М.М. Гіроль, А.М. Гіроль, В. С. Хомко, Д. Ковальський // Полімерні труби.: Інформаційно-аналітичний журнал, 2008. – №21. – с. 7-12.*
5. Ткачук, О. А. *Шляхи забезпечення функціонування систем подачі і розподілу води в умовах їх старіння й зношення [Текст] / О. А. Ткачук // Науковий вісник будівництва. – Вип.26. – Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ, 2004. – с. 69-74.*
6. Новохатній, В.Г. *Аналіз пропускну спроможності діючої водопровідної мережі [Текст] / В.Г. Новохатній, О.В. Матяш, С.О. Костенко // Галузеве машинобудування, будівництво: Збірник наукових праць. – Вип.1 (46). – Полтава: ПолтНТУ, 2016. – С. 221 – 231.*

7. Матяш, А. Гидравлическое взаимодействие водозаборов при работе на действующую водопроводную сеть [Текст] / А. Матяш, В. Новохатний, С. Костенко // MOTROL. – Commission of motorization and energetics in agriculture : Polish Academy of sciences. – Lublin. – 2016. – Vol. 18. No 6. – P. 35–42.

8. Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування [Текст]: ДБН В.2.5-74:2013 – [Чинний від 2013-12-15]. — К. : Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2013. — 281 с. — (Національні стандарти України).

9. Шевелев, Ф.А. Таблицы для гидравлического расчета водопроводных труб [Текст] / Ф.А. Шевелев, А.Ф. Шевелев. – М.: Стройиздат, 1984. – 116с.

References

1. Horuzhyi, P.D., Khomutetska, T.P., Horuzhyi, V.P. (2008). Water saving technologies. - K. : Agricultural Science, 534.

2. Tkachuk, O.A. (2008). Improving of the systems giving and distribution of water settlements. Rivne: NUVGP, 301.

3. Novokhatniy, V.G. (2012) Reliability of functioning of giving-distributive complex of the water systems. Dis. Doctor of Technical Science. – Poltava: PNTU, 351.

4. Gyrol, M.M., Gyrol, A.M., Khomko, V. Ye., Kovalsky, D. (2008) The state of Ukraine's water supply networks and ways to prevent the deterioration of drinking water quality. *Polymer pipes: Information and analytical journal*, 21, 7-12.

5. Tkachuk, O.A. (2004). Ways to ensure the functioning of water supply and distribution systems in conditions of their aging and wear. *Scientific Herald of Construction. Collection of scientific works*, 26. – Kharkov.: KHNUCA, 69-74.

6. Novokhatniy, V.G., Matyash, O.V., Kostenko, S.O. (2016) Analysis of the carrying capacity of the existing water supply

network. *Industrial machine building, civil engineering: academic journal*, 1 (46). – Poltava: PNTU, 221 – 231.

7. Matyash, A., Novokhatniy, V., Kostenko, S. (2016) Hydraulic interaction when water supply intakes works on the existing water network. MOTROL. *Commission of motorization and energetics in agriculture : Polish Academy of sciences. Lublin*, 18, 6, 35–42.

8. SBC V.2.5-74: 2013 Water supply. External networks and facilities. The main provisions of design. (2013). [Effective as of 12.15.2013], K: Ministry of Regional Development, Construction and Housing and Communal Services of Ukraine, 281.

9. Shevelev, F.A., Shevelev, A.F. (1984) Tables for hydraulic calculation of water pipes. M.: Building publishing, 116.

Рецензент: д-р техн. наук, доцент Д.А. Єрмоленко, Полтавський національний технічний університет ім. Ю. Кондратюка, Україна.

Автор: МАТЯШ Олександр Васильович
кандидат технічних наук, доцент
Полтавський національний технічний університет
ім. Ю. Кондратюка
E-mail – matyash19831010@gmail.com
ID ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9817-8282>

Автор: НОВОХАТНІЙ Валерій Гаврилович
доктор технічних наук, професор
Полтавський національний технічний університет
ім. Ю. Кондратюка
E-mail – vgn43@ukr.net
ID ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8107-7912>

STATUS OF GIVING-DISTRIBUTIVE COMPLEX OF THE CITY WATER SUPPLY SYSTEM

A.V. Matyash, V.G. Novokhatniy

Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University, Ukraine

We have calculated the key water intakes in different points of the system with the purpose of determination of the real load flow in the water supply system of the area of influence of water supply of city. We have proposed to develop the equivalent mathematical model of the supply and distribution complex in a number of stages and described in details each of the stages. For the purpose of modeling of work of the separate area of the water supply system of Poltava we have built the tree diagram of the system and carried out the computer based hydraulic calculation of the supply and distribution complex for the maximum water consumption. As a result of the mathematical modeling of work of the water supply system city of Kremenchug we have carried out the hydraulic correlation of system of the supply and distribution complex for the stated periods, defined the overloaded points of the water supply system, found the location of the the most distant consumer, calculated the water flow rate in water supply lines and carried out comparative analysis of the designed and factual flow rates at the control points of the system for the purpose of determination of conformity of the performed modeling of work of the water supply system in "Hidro" software application. Visual reproduction of the obtained results is made in the form of piezometer charts built in "KOMPAS-3D V15" CAD system. The piezometer charts are built on the schema of the main water supply network at a scale of 1:20000. The piezometric lines are drawn through the piezometer charts with a pitch of 1 meter. The piezometer charts on the areas are determined with the help of interpolation. It is concluded that the main water supply network has sufficient throughput, and the pump stations provide the supply of the required amount of water.

Keywords: water supply system, giving-distributive complex, water network, hydraulic calculation, piezometer chart.