

УДК 628.147

**ДОСЛІДЖЕННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ БАГАТОЗОННИХ
ТАРИФІВ НА ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЮ У ВОДОПОСТАЧАННІ**

Т.П. ХОМУТЕЦЬКА

Інститут водних проблем і меліорації НААН

Г.А. СИЗОНЕНКО

Київський національний університет будівництва і архітектури

Наведено результати досліджень зміни показників роботи системи водопостачання м. Чернігів та доведено доцільність застосу-

© Т.П. Хумутецька, Г.А. Сизоненко, 2014

Меліорація і водне господарство. 2014. Вип. 101

вання багатозонних тарифів на електроенергію з оптимізацією роботи водопровідних споруд.

Ключові слова: система водопостачання, питомі витрати електроенергії, багатозонна тарифікація, оптимізація роботи споруд

Актуальність проблеми. Як відомо, системи водопостачання промислових та комунальних підприємств відносяться до найбільш енергоємних. Серед складових, що впливають на формування собівартості води, найвагомішу частку зазвичай становлять затрати на споживану електроенергію. Значне подорожчання енергетичних ресурсів для систем водопровідно-каналізаційного господарства протягом останніх років призвело до зростання собівартості води та підвищення тарифів на неї для різних категорій споживачів. У цих умовах великого значення набуває питання енергозбереження в системах водопостачання шляхом оптимізації сумісної роботи водопровідних споруд.

Питомі витрати електроенергії на виробництво і подачу води в Україні, хоча і мають останнім часом тенденцію до зниження, проте все ще значно перевищують аналогічні показники в країнах Європи [1]. Все це вимагає пошуку шляхів зменшення енергоспоживання у системах водопостачання та зниження затрат за споживану електроенергію на діючих водопроводах.

В Україні є величезний надлишок електроенергії в нічний час через велику різницю між денним і нічним енергоспоживанням. Організація більш рівномірного завантаження електромереж протягом доби має особливе значення для підвищення економічності та надійності роботи енергосистеми в цілому та раціонального її використання. Тому наша держава шляхом впровадження двозонної і трizonної тарифікації та багатотарифних лічильників стимулює більше споживання електроенергії з низькими тарифами вночі.

В умовах зниження водоспоживання, що нині спостерігається в Україні, та появи резерву водозабірних і регулюючих споруд на більшості підприємств водопровідної галузі виникає можливість оптимізувати роботу системи з урахуванням різної вартості електроенергії у денні і нічні години доби, заощаджуючи кошти за споживані енергоресурси.

Мета роботи – перевірити доцільність використання багатозонних тарифів на електроенергію в системах водопостачання шляхом проведення досліджень на діючому водопроводі та аналізу показників роботи взаємодіючих споруд при різних режимах їх експлуатації.

Результати наукових досліджень. Дослідження роботи водопровідної системи виконували на ВНС-4 «Полуботки» КП «Чернігівводоканал». Вивчення виробничих та фінансових показників цього підприємства показало, що найвагомішу частку (28,4%) серед складових собівартості отримання питної води в м. Чернігів становлять затрати на споживану електроенергію (рис. 1) [2].

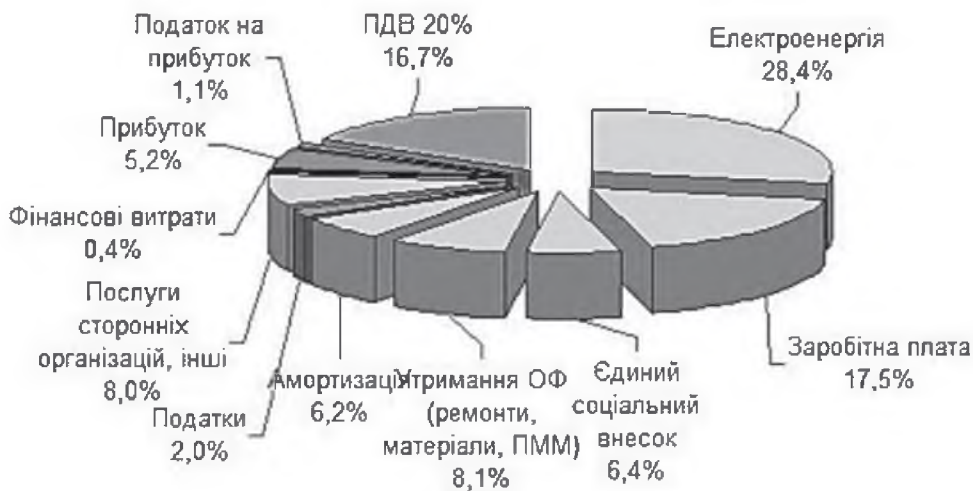


Рис. 1. Складові собівартості отримання питної води в м. Чернігів

За період з 2002 по 2012 рр. вартість електроенергії на підприємстві зросла більше ніж у 4,5 рази (рис. 2) [2].



Рис. 2. Зміна енергетичних показників на КП «Чернігівводоканал»

Це призвело до збільшення собівартості отримання питної води та підвищення тарифів для населення за послуги, надані підприємством (рис. 3) [2].

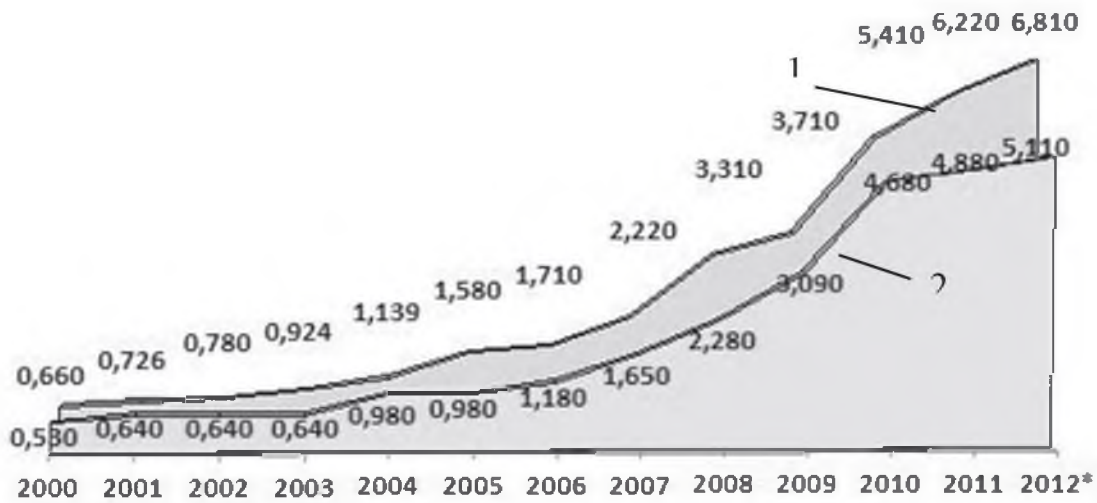


Рис. 3. Зміна собівартості отримання питної води (1) та тарифів для населення за надані послуги (2) на КП «Чернігівводоканал» (грн)

Разом з тим, у Чернігові спостерігається тенденція до зниження водоспоживання (рис. 4) [2].

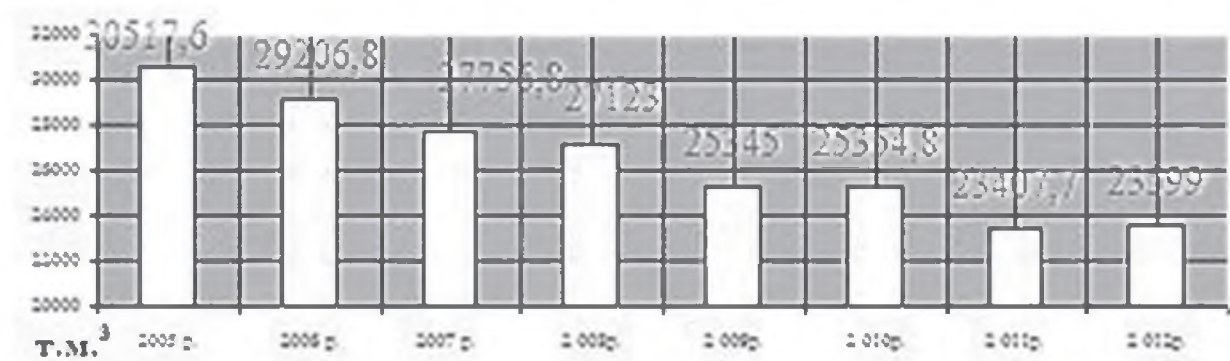


Рис. 4. Зміна загального річного водоспоживання у м. Чернігів

Як показали дослідження, упродовж періоду з 1995 по 2012 рр. добові витрати води скоротилися майже 1,8 разів, а потужність існуючих свердловин на водозабірних майданчиках підприємства нині більш як у 2 рази перевищує водоспоживання [2]. Унаслідок цього з'явився резерв водозабірних і регулюючих споруд, що дозволяє оптимізувати роботу водопровідної системи з урахуванням різної вартості електроенергії у денні і нічні години доби.

На досліджуваному майданчику ВНС-4 «Полуботки» розташовані 22 водозабірні свердловини глибиною 115–750 м, з яких вода заглибними відцентровими насосами марок ЭЦВ та Wilo подається розгалуженою системою трубопроводів та збірних водоводів у два залізобетонні резервуари ємністю 3000 м³ кожен (рис. 5). Додова витрата на ВНС-4 «Полуботки» нині становить 12000 м³/добу.

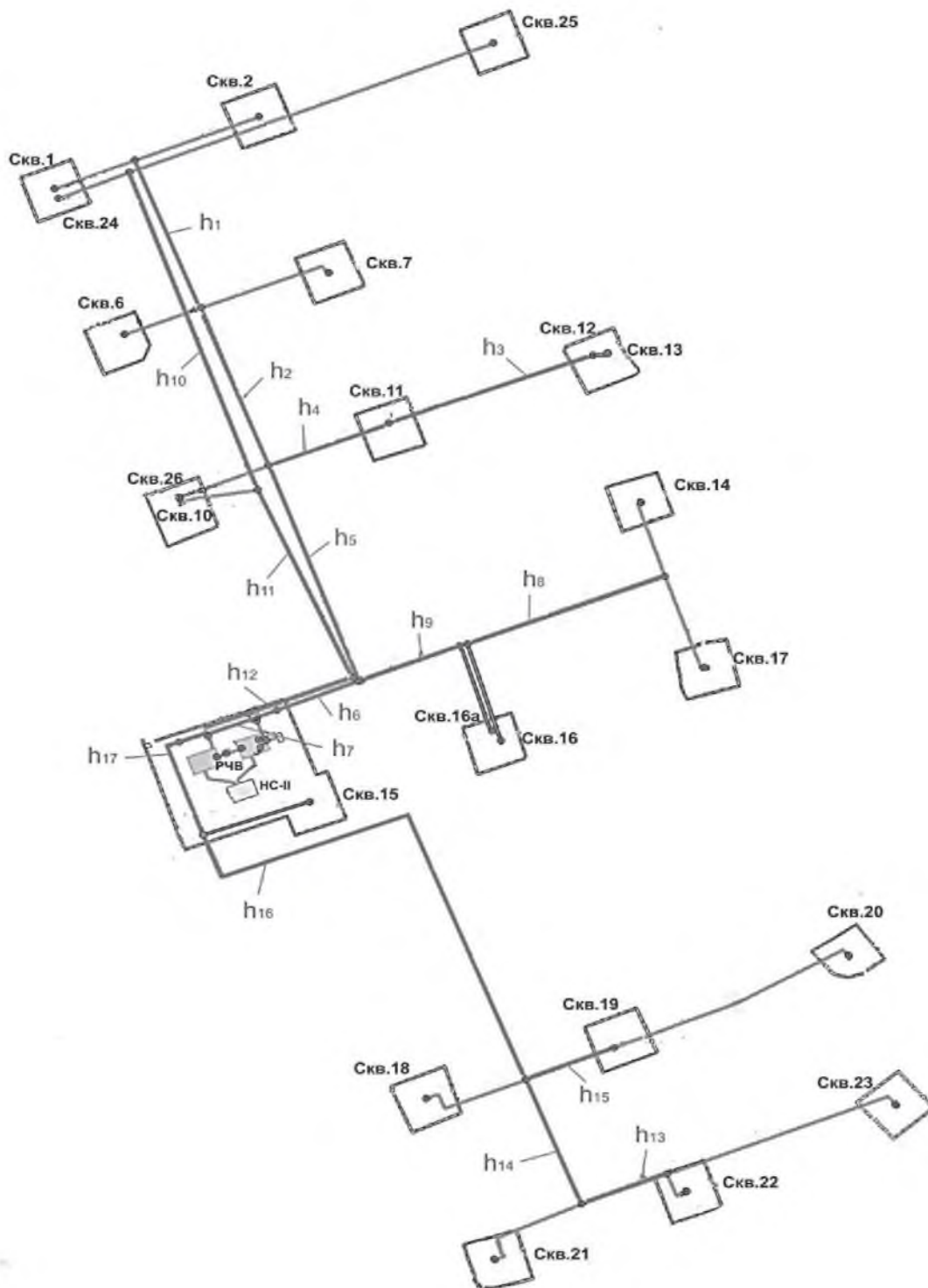


Рис. 5. Розрахункова схема ВНС-4 «Полуботки»

Обрати найбільш економічно доцільний режим роботи водопровідної системи з водозабірними свердловинами, при якому забезпечується подача розрахункової витрати води при найменших енергозатратах, можна на основі виконання оптимізаційних розрахунків за методикою, що базується на математичному моделюванні роботи системи і дозволяє аналізувати результати обчислень для будь-яких можливих варіантів (відключення з роботи деяких свердловин, заміна насосів, трубопроводів тощо) та вибирати найвигідніший варіант, при якому будуть найменшими питомі витрати електроенергії [3, 4].

Для кожної свердловини по топології розрахункової схеми (рис. 5) згідно з розробленою методикою, можна визначити втрати напору на спільних ділянках водоводу h_i , а також сумарні значення втрат напору Σh_i на шляху до РЧВ, обчислити подачу Q_i , споживану на валу насоса потужність N_i та питому витрату електроенергії E_i . Параметр P_i при розрахунках вказує на те, чи працює ця свердловина ($P = 1$) наразі в розрахунковій системі водопостачання, чи вона відключена ($P = 0$).

Як показали результати розрахунків системи при одночасній роботі всіх робочих свердловин на ВНС-4 (табл. 1), останні мають різні значення E_i , що знаходяться в межах 0,17–0,43 кВт.год/м³, отже, в умовах зниження водоспоживання забезпечити розрахункові витрати води доцільно було б експлуатуючи свердловини з низькими питомими витратами електроенергії і відключивши найбільш енергозатратні.

1. Результати розрахунку водопровідної системи при одночасній роботі всіх робочих свердловин на ВНС-4

№№ свердловин, і	Марка насоса	P_i	Q_i, м³/год	N_i, кВт	E_i, кВт.год/м³
1	2	3	4	5	6
1	Wilo TWI06.30-6	1	27,20	4,98	0,18
2	Wilo TWI06.30-6	1	23,56	4,83	0,20
6	Wilo TWI06.30-6	1	26,47	4,95	0,19
7	ЕЦВ 8- 25-55	1	26,67	6,80	0,25
10	Wilo TWI06.30-6	1	29,08	5,05	0,17
11	резервна	0	0,00	0,00	0,00

Продовження табл. 1

1	2	3	4	5	6
12	Wilo NK 87-7 142	1	173,87	55,79	0,32
13	ЕЦВ 8- 25-55	1	23,07	6,09	0,26
14	Wilo TWI06.30-6	1	25,24	4,90	0,19
15	Wilo TWI06.60-12	1	52,49	19,79	0,38
16	Wilo TWI06.30-6	1	29,41	5,06	0,17
16a	Wilo K 85-4 (144)	1	66,94	20,90	0,31
17	потребує к.р.	0	0,00	0,00	0,00
18	Wilo K 85-4 (144)	1	46,71	19,89	0,43
19	ЕЦВ 8- 25-55	1	27,54	6,97	0,25
20	резервна	0	0,00	0,00	0,00
21	ЕЦВ 8- 40-60	1	40,87	11,23	0,27
22	ЕЦВ 8-25-55	1	31,25	7,76	0,25
23	ЕЦВ 8-25-55	1	29,49	7,38	0,25
24	Wilo K 85-4 (144)	1	66,02	20,86	0,32
25	Wilo K 85-4 (144)	1	60,22	20,59	0,34
26	Wilo K 85-4 (144)	1	71,41	21,09	0,30
Всього			877,51	254,90	Е_{ср} = 0,29

При одноставковому тарифі на електроенергію вартість за спожиті енергоносії однакова протягом доби. У цьому випадку, щоб забезпечити розрахункову витрату води (12000 м³/добу) при найбільш економічно вигідному режимі роботи водозаборів, потрібна цілодобова робота свердловин з найменшими питомими витратами електроенергії, до яких, згідно із графою 5 табл. 1, належать свердловини №№ 1, 2, 6, 7, 10, 13, 14, 16, 16а, 19, 21, 22, 23 і 26, а також 3,6 години за добу має працювати свердловина № 24. У табл. 2 наведено результати розрахунків для ВНС-4 «Полуботки» при рекомендованому режимі роботи водозабірних споруд з відключеною і працюючою свердловиною № 24.

2. Результати оптимізаційних розрахунків водопровідної системи на ВНС-4 «Полуботки» при одноставковому тарифі на електроенергію

№№ свердловин, і	Свердловина № 24 відключена				Свердловина № 24 у роботі			
	P_i	Q_i , м ³ /год	N_i , кВт	E_i , кВт.год/м ³	P_i	Q_i , м ³ /год	N_i , кВт	E_i , кВт.год/м ³
1	1	28,25	5,02	0,18	1	28,25	5,02	0,18
2	1	24,58	4,87	0,20	1	24,58	4,87	0,20
6	1	27,54	4,99	0,18	1	27,54	4,99	0,18
7	1	27,98	7,06	0,25	1	27,98	7,06	0,25
10	1	29,25	5,05	0,17	1	29,19	5,05	0,17
11	0	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0,00
12	0	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0,00
13	1	25,31	6,52	0,26	1	25,31	6,52	0,26
14	1	25,69	4,92	0,19	1	25,69	4,92	0,19
15	0	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0,00
16	1	29,84	5,08	0,17	1	29,84	5,08	0,17
16а	1	67,59	20,93	0,31	1	67,59	20,93	0,31
17	0	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0,00
18	0	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0,00
19	1	27,94	7,06	0,25	1	27,94	7,06	0,25
20	0	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0,00
21	1	41,22	11,27	0,27	1	41,22	11,27	0,27
22	1	31,71	7,86	0,25	1	31,71	7,86	0,25
23	1	29,92	7,47	0,25	1	29,92	7,47	0,25
24	0	0,00	0,00	0,00	1	66,35	20,87	0,31
25	0	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0,00
26	1	73,12	21,16	0,29	1	73,12	21,16	0,29
Всього		489,96	119,26	$E_{cp} = 0,24$		556,25	140,13	$E_{cp} = 0,25$

При дотриманні рекомендованого режиму роботи споруд вдасться зменшити добову витрату електроенергії на 548,4 кВт.год. При одноставковому тарифі на електроенергію, що діє з 1 квітня 2014 р. і становить разом з ПДВ для I класу напруги 0,9733 грн/кВт.год, добове заощадження коштів складає 533,8 грн.

Національна комісія регулювання електроенергетики (НКРЕ) України Постановою № 1262 від 04.11.2009 для тарифів, диференційованих за періодами часу, встановлює певні тарифні коефіцієнти [5, 6].

Двобонні тарифи за спожиту електроенергію для юридичних осіб у нічний період (з 23.00 до 7.00) складають 0,3893 грн/кВт.год, у денний період (з 7.00 до 23.00) становлять 1,46 грн/кВт.год.

На нашу думку, враховуючи велику різницю вартості електроенергії у денні і нічні години доби, економічно вигідно при двобонних тарифах максимально завантажувати водозабірні споруди вночі, а вдень експлуатувати лише свердловини з найнижчим енергоспоживанням. Результати розрахунків рекомендованої роботи споруд при застосуванні двобонних тарифів на електроенергію у денні години доби наведено в табл. 3, у нічні – в табл. 1, а результати оптимізаційних розрахунків всієї системи – у табл. 4.

3. Результати розрахунків системи при рекомендованому режимі роботи споруд на ВНС-4 «Полуботки» у денні години доби

№№ сверд-ловин, і	P_i	$Q_i, \text{ м}^3/\text{год}$	$N_i, \text{ кВт}$	$E_i, \text{ кВт.год}/\text{м}^3$
1	1	28,63	5,03	0,18
2	1	24,95	4,89	0,20
6	1	27,92	5,00	0,18
7	1	28,46	7,16	0,25
10	1	29,25	5,05	0,17
11	0	0,00	0,00	0,00
12	0	0,00	0,00	0,00
13	1	25,74	6,61	0,26
14	1	25,97	4,93	0,19
15	0	0,00	0,00	0,00
16	1	30,11	5,09	0,17
16а	0	0,00	0,00	0,00
17	0	0,00	0,00	0,00
18	0	0,00	0,00	0,00
19	1	28,14	7,10	0,25
20	0	0,00	0,00	0,00
21	0	0,00	0,00	0,00
22	1	32,23	7,97	0,25
23	1	30,42	7,58	0,25
24	0	0,00	0,00	0,00
25	0	0,00	0,00	0,00
26	0	0,00	0,00	0,00
Всього		311,83	66,41	$E_{\text{ср}} = 0,21$

4. Результати оптимізаційних розрахунків системи при двозонних тарифах на електроенергію

Показники роботи системи	Працюючі свердловини		
	усі робочі (вночі)	№№ 1, 2, 6, 7, 10, 13, 14, 16, 19, 22, 23 (вдень)	
Тривалість роботи t , год	8	16	
Подача води ΣQ_i	м ³ /год	877,51	311,83
	м ³ /добу	7020,11	4989,28
Потужність насосів ΣN_i , кВт	254,9	66,41	
Енергоспоживання, кВт.год	2039,18	1062,6	
Середня питома витрата електроенергії $E_{ср}$, кВт.год/м ³	0,29	0,21	
Тариф за спожиту електроенергію T , грн/кВт.год	0,3893	1,46	
Вартість спожитої електроенергії Σ , грн	793,8	1551,4	

Тризонні тарифи за спожиту електроенергію в Україні становлять:

- у нічний період (з 23.00 до 6.00) 0,3407 грн/кВт.год;
- у напівпіковий період (з 6.00 до 8.00; з 10.00 до 18.00; з 22.00 до 23.00) 0,9928 грн/кВт.год;
- у піковий період (з 8.00 до 10.00; з 18.00 до 22.00) 1,6351 грн/кВт.год.

У табл. 5 наведено результати оптимізаційних розрахунків роботи водопровідної системи ВНС-4 при тризонних тарифах на електроенергію у нічний і напівпіковий періоди доби. У пікові години найбільшого навантаження на енергосистему і дії високих тарифів за споживану електроенергію усі водозабірні свердловини з роботи відключають, що значно зменшує експлуатаційні затрати на станції.

5. Результати оптимізаційних розрахунків системи при тризонних тарифах на електроенергію

Показники роботи системи	Працюючі свердловини		
	усі робочі (нічний період доби)	№№ 1, 2, 6, 7, 10, 13, 14, 16, 16а, 19, 21, 22, 23, 26 (напівпіковий період доби)	
		свердловина № 24 в роботі	свердловина № 24 відключена
1	2	3	4
Тривалість роботи t , год	7	7,1	3,9

1	2	3	4	5
Подача води ΣQ_i	м ³ /год	877,51	556,25	489,96
	м ³ /добу	6142,57	3949,38	1910,84
Потужність насосів ΣN_i , кВт		254,9	140,13	119,26
Енергоспоживання, кВт.год		1784,3	994,92	465,11
Середня питома витрата електроенергії E_{cp} , кВт.год/м ³		0,29	0,25	0,24
Тариф за спожитую електроенергію T , грн/кВт.год		0,3407	0,9928	0,9928
Вартість спожитої електроенергії Σ , грн		607,9	987,8	461,8

Обчисленнями встановлено, що потрібний регулюючий об'єм РЧВ при дотриманні рекомендованих режимів роботи свердловин становить:

- при одноставковому тарифі $W_{\text{рег.1}} = 1029,72 \text{ м}^3$;
- при двозонних тарифах $W_{\text{рег.2}} = 3990,72 \text{ м}^3$;
- при тризонних тарифах $W_{\text{рег.3}} = 3678,82 \text{ м}^3$.

Отже, два наявні на ВНС-4 залізобетонні резервуари загальною ємністю 6000 м³ цілком забезпечать розміщення в них потрібного регулюючого об'єму води при усіх розглянутих режимах роботи споруд.

Техніко-економічне порівняння різних варіантів роботи водопровідної системи на ВНС-4 «Полуботки» показало, що найбільш економічно доцільною є оптимізована робота споруд при застосуванні тризонних тарифів на енергоресурси; вартість спожитої за добу електроенергії при цьому на 287,7 грн (або 12,3%) менша, ніж при використанні двозонних тарифів, та на 801,5 грн (або 28%) нижча, ніж при діючому нині одноставковому тарифі на електроенергію. Таким чином, перейшовши на тризонні тарифи, на ВНС-4 за рік можна заощадити близько 292,5 тис. грн експлуатаційних витрат без вкладення коштів у капітальне будівництво.

Висновки. На діючих системах водопостачання в умовах зменшення водоспоживання та появи резерву водозабірних та регулюючих споруд виникає можливість оптимізувати роботу системи з урахуванням різної вартості електроенергії у денні і нічні години доби при дії багатозонних тарифів. Це дозволяє значно зменшити питомі витрати електроенергії на подачу води та заощадити кошти за споживані енергоресурси. На основі техніко-економічних розрахунків різних варіантів роботи водопровідної системи ВНС-4 «Полуботки» у

м. Чернігові було встановлено, що найбільш економічно доцільною буде оптимізована робота споруд у випадку застосування тризонних тарифів на енергоресурси, при цьому вартість спожитої за добу електроенергії на 28% менша, ніж за діючого нині одноставкового тарифу. Впровадження цих рекомендацій дає змогу заощадити близько 292,5 тис. грн/рік експлуатаційних витрат тільки на одній водопровідній станції.

1. *Національна доповідь про якість питної води та стан питного водопостачання в Україні у 2011 році / Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, К. – 2012. – 642 с.*

2. *Інформаційний інтернетресурс.*

<http://abvdk.cn.ua/cp2cmsa/w/pub/index>

3. *Хоружий П.Д.* Расчет гидравлического взаимодействия водопроводных сооружений. – Львов: Вища школа, изд-во при Львов. ун-те, 1983. – 152 с.

4. *Хомутецька Т.П.* Оптимізація сумісної роботи споруд в системах з водозабірними свердловинами // Водне господарство України. – 2010. – № 3. – С. 48–52.

5. *Інформаційний інтернетресурс.*

http://watt.at.ua/load/postanova_04112009_n_1262prom_tarifn_koehf/1-1-0-11

6. *Інформаційний інтернетресурс.*

<http://us-energy.com.ua/index.php/39-mnogozonnyj-uchet-elektroenergii.html>

Приведены результаты исследований изменения показателей работы системы водоснабжения г. Чернигов и доказана целесообразность использования многотарифной системы оплаты электроэнергии с оптимизацией работы водопроводных сооружений.

The article contains the research results on the performance indicators change in the water supply system of Chernihiv town and proves the expediency of using multirate electricity tariffs provided the optimization of waterworks operation.