

УДК 628.12

Г.А.СИЗОНЕНКО, аспірант

Т.П. ХОМУТЕЦЬКА, кандидат технічних наук

Київський національний університет будівництва і архітектури

ВИРІШЕННЯ ПИТАНЬ ЕФЕКТИВНОЇ РОБОТИ СИСТЕМ ВОДОПОСТАЧАННЯ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ПІДЗЕМНИХ ВОД

Розглянуто досвід використання підземних вод для питного водопостачання, досліджено проблеми забезпечення ефективної роботи споруд гідравлічної взаємодії та шляхи їх вирішення.

Ключові слова: підземні води, свердловина, водоспоживання, водопостачання.

Рассмотрен опыт использования подземных вод для питьевого водоснабжения, исследованы проблемы обеспечения эффективной работы сооружений гидравлического взаимодействия и пути их решения.

Ключевые слова: подземные воды, скважина, водопотребление, водоснабжение.

The article describes the experience of using groundwater for drinking water supply and the problems of ensuring the efficient operation hydraulically interacting structures and solutions.

Keywords: groundwater, well (borehole), water consumption, water supply.

Підземні води, як правило, мають кращу якість, більш надійно захищені від забруднення і зараження, менше схильні до сезонних і багаторічних коливань і в більшості випадків їх використання не вимагає дорогих заходів з водоочищення.

Зазвичай підземні води хорошої якості можуть бути знайдені в безпосередній близькості від водоспоживачів. У ряді районів, де поверхневі води відсутні, водопостачання населення і промисловості повністю засноване на використанні підземних вод. Важливим є економічний аспект: будівництво водозаборів підземних вод може здійснюватися поступово, в міру зростання потреби у воді, в той час як будівництво великих гідротехнічних споруд для відбору поверхневих вод вимагає зазвичай значних одноразових витрат. Ці переваги і особливо менша уразливість підземних вод до забруднення сприяють широкому використанню підземних вод для водопостачання [1].

За даними Європейської економічної комісії підземні води є основним джерелом міського господарсько-питного водопостачання в більшості європейських країн. В Австрії, Бельгії, Німеччині, Угорщині, Данії, Литві, Румунії, Швейцарії, Білорусії частка використання підземних вод в господарсько-питному водопостачанні перевищує 70% від загального водоспоживання, а в Болгарії, Італії, Нідерландах, Португалії, Франції, Чехії та Словаччині становить 50...70%. Повністю чи майже повністю на підземних водах основане водопостачання таких великих міст Європи (з населенням близько мільйона чоловік і більше) як Гамбург, Будапешт, Відень, Копенгаген, Мюнхен, Рим, Мінськ, Вільнюс, а для таких міст, як Амстердам, Брюссель, Лісабон, підземні води покривають більше половини загальної потреби у воді. В табл.1 наводяться відомості про використання підземних і поверхневих вод у водопостачанні ряду великих міст світу [2].

За останні 25-30 років у світі було пробурено понад 300 млн. свердловин для відбору води. Тільки в США щорічно буриться близько мільйона свердловин, води яких використовуються для господарсько-побутових потреб, зрошення, технічного водопостачання. Глибина експлуатаційних свердловин коливається в значних межах і визначається конкретними гідрогеологічними умовами територій. Зазвичай вона становить 100...200 м, рідко досягаючи 800...1000 і навіть 2000 м.

Водопостачання деяких великих міст

Місто	Населення, млн. осіб	Джерела водопостачання	
		Поверхневі води, %	Підземні води, %
Амстердам	1,3	52	48
Антверпен	1,1	82	18
Барселона	33-	83	17
Берлін	5,6	58	42
Брюссель	2,3	35	65
Відень	1,7	5	95
Гамбург	3,6	-	100
Глазго	5,2	63	37
Копенгаген	1,0	16	84
Ліссабон	2,1	45	55
Лондон	6,7	86	14
Мадрид	4,1	91	9
Москва	8,5	98	2
Мюнхен	1,6	-	100
Париж	7,1	60	40
Роттердам	1,4	90	10
Цюрих	0,5	70	30
Токіо	11,3	89	11
Чикаго	1,3	88	12

Разом з тим використання підземних вод в якості джерела централізованого водопостачання крупних міст з великою водопотребою може стримуватися обмеженими ресурсами експлуатаційних запасів підземних вод або необхідністю створення на значній площі системи з сотень і навіть тисяч водозабірних свердловин для їх видобутку. При проектуванні водопроводів необхідно враховувати, що інтенсивна експлуатація підземних вод концентрованими водозабірними системами може призвести до виснаження водоносних горизонтів, зниження рівнів ґрунтових вод, неприпустимого зменшення поверхневого стоку, осідання земної поверхні, пригнічення рослинності, пов'язаної з ґрунтовими водами, активізації карстових процесів тощо. Відбір підземних вод може "підтягувати" мінералізовані води з глибоких водоносних горизонтів, які малоприсадибні для питних цілей, а в районах узбережжя – солоні морські води. Тому для попередження негативних наслідків при видобутку підземних вод необхідно обґрунтовано приймати рішення, керуючись даними гідрогеологічних досліджень та розглядаючи доцільність штучного поповнення їхніх запасів.

Україна має відносно великі запаси підземних вод, отже існують можливості забезпечення населення якісною питною водою з цих водних джерел. Найбільші запаси підземних вод зосереджені у північній та північно-західній частині України (Дніпровський і Волино-Подільський артезіанський басейн), які мають сприятливі умови для їхнього формування, а найменші – в

південній частині держави (Азовсько-Кубанський артезіанський басейн і зона тріщинувато-карстових вод Гірського Криму).

У розрахунку на одного мешканця найбільша кількість підземних вод (понад 5 м³/добу) припадає на Чернігівську область, а мінімальна (менше 0,5 м³/добу) – на Чернівецьку, Дніпропетровську, Одеську, Кіровоградську, Миколаївську, Житомирську та Вінницьку області [3].

Нині серед 25 обласних центрів України 4 (Запоріжжя, Одеса, Вінниця, Житомир) використовують для водопостачання поверхневі води, 7 (Херсон, Суми, Чернігів, Луцьк, Рівне, Тернопіль, Полтава) – підземні води, а решта мають змішане водопостачання. Із загальної кількості (474) міст України, у 77 містах водопостачання здійснюється з підземних водних джерел, у 161 місті використання підземних вод перевищує 50% [3].

Для добування підземних вод для потреб водокористувачів споруджено більше 110 тис. водозабірних свердловин, за допомогою яких здійснюється каптаж водоносних горизонтів. Частина свердловин об'єднана в групі водозабори, що дає можливість забезпечувати подачу води з великими витратами для окремих локальних користувачів (об'єкти комунального господарства, промислові підприємства тощо). У сільській місцевості ґрунтові води з першого від поверхні землі незахищеного водоносного горизонту відбираються за допомогою шахтних колодязів та каптажів, які функціонують, в основному, для індивідуальних водокористувачів.

При експлуатації систем господарсько-питного водопостачання виникають проблеми ефективної роботи водопровідних споруд щодо надійного забезпечення споживачів якісною водою при найменшій її собівартості. Ці проблеми пов'язані зі змінами характеристик споруд протягом терміну їхньої експлуатації. У системах питного водопостачання, що базуються на використанні підземних вод, найчастіше такими спорудами є: водозабірні свердловини, заглибні відцентрові насоси, водоводи і водопровідні мережі.

Під час експлуатації водозабірних свердловин можуть знижуватись відмітки статичного рівня води в них через вичерпання запасів підземних вод, а внаслідок взаємного впливу свердловин одна на одну та кольматації фільтрів і прифільтрових зон осадам, що виділяється з води, та зростання їх гідравлічних опорів спостерігається додаткове зниження динамічних рівнів води в свердловинах. Ці фактори впливають на висоту підняття води із свердловин, а отже, на питому витрату електроенергії, і в кінцевому рахунку – на собівартість води.

Електронасоси, встановлені в свердловинах (особливо типу ЕЦВ), у процесі роботи постійно зменшують свою продуктивність внаслідок фізичного спрацювання деталей, що призводить до неефективних, збиткових режимів роботи насосів з низьким ККД, перевитратами електроенергії на підйом води, недодаванням значної кількості води споживачам. Неefективно працюють свердловини і через те, що гідравлічні характеристики встановлених в них насосів не відповідають гідравлічним характеристикам свердловин та їх сумісної роботи.

Характеристики водоводів і водопровідних мереж також змінюються у процесі експлуатації внаслідок зростання гідравлічних опорів трубопроводів з часом.

Оскільки система водопостачання складається із множини елементів, що знаходяться в гідравлічній взаємодії і працюють сумісно, то зміна в режимі роботи будь-якої споруди в системі неминуче призводить до зміни роботи всіх інших взаємодіючих споруд.

Зміна робочих режимів системи водопостачання пов'язана з режимами водоспоживання населених пунктів, які змінюються за роками, сезонами року, годинами доби та навіть протягом кожної години. На практиці аналіз сумісної роботи споруд з урахуванням їх реальних характеристик і режимів водоспоживання, як правило, не виконується, що в багатьох випадках призводить до виникнення протиріч між проектними та реальними умовами експлуатації або в кінцевому рахунку – до не забезпечення споживачів водою у потрібній кількості під необхідним напором, перевитрати коштів та виникнення матеріальних і моральних збитків. Діючі водопровідні системи з часом перестають задовольняти потреби споживачів щодо забезпечення їх водою. При цьому зменшуються подача води, змінюються вільні напори в мережі, підвищується її аварійність, зростають нераціональні витрати й витоки води і, як наслідок, збільшуються експлуатаційні витрати комунальних підприємств та собівартість води.

При подачі води із однієї свердловини в напірний резервуар або башту (рис. 1) розрахункову витрату води, що подається насосом, можна визначити графічним методом (рис. 2).

Подача насоса Q_n визначається абсцисою точки В, що утворюється при перетині характеристики Q-H насоса (1) та гідравлічної характеристики шляху руху води від свердловини до башти (3), яка побудована з урахуванням зниження статичного рівня води в свердловині Δh_c внаслідок відкачування з неї води витратою Q, л/с, при питомому дебіті q, л/(с·м):

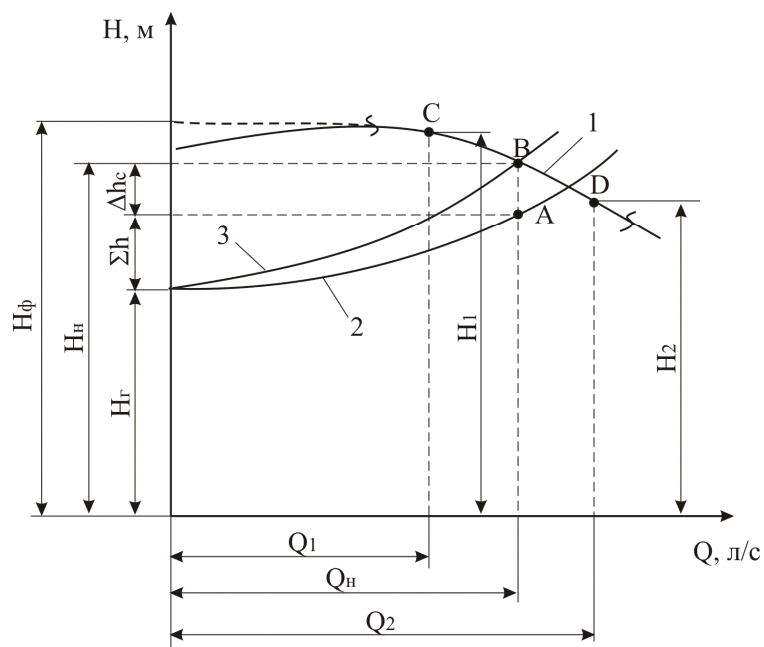
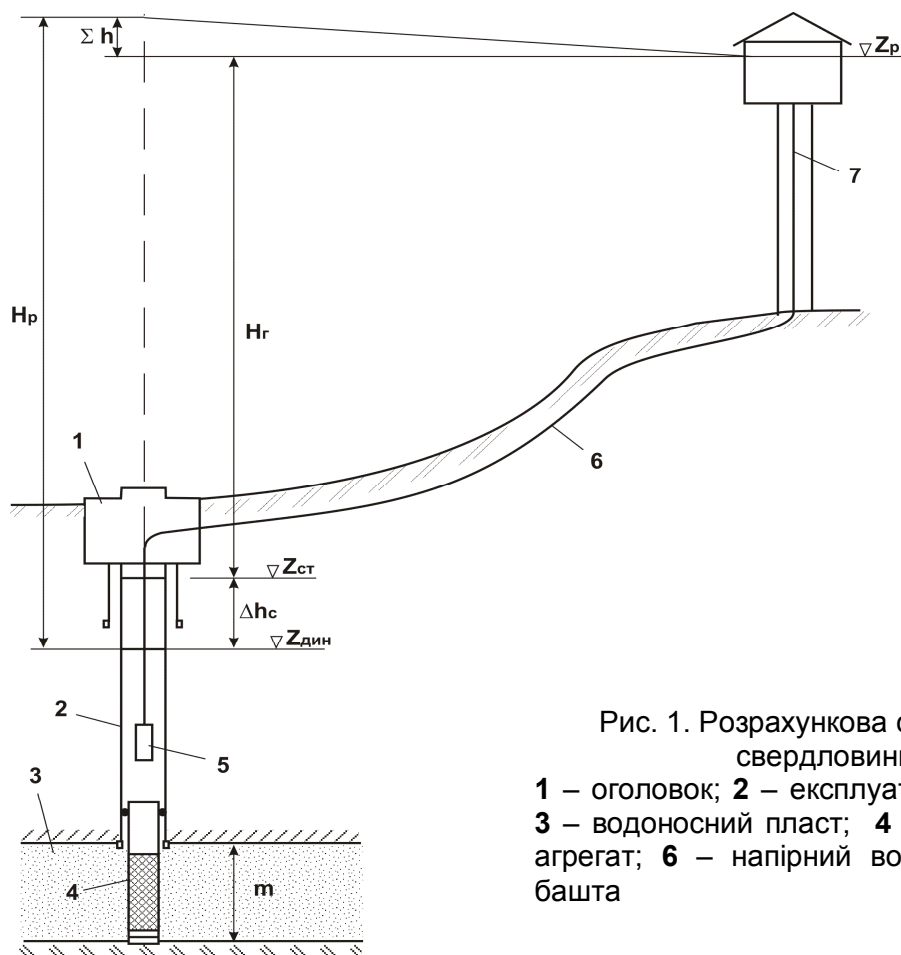
$$\Delta h_c = Q/q, \text{ м.} \quad (1)$$

Лінія 2 на рис. 2 будується з висоти H_f на осі ординат за рівнянням

$$H = H_f + (S_k + S_b) Q^2. \quad (2)$$

де H_f – геометрична висота водопідйому від статичного рівня води в свердловині $Z_{ст}$ до розрахункового рівня води в резервуарі Z_p (рис. 1), м; S_k і S_b – гідравлічні опори відповідно у комунікаціях насосної установки і водоводі, (с/л)²м.

Відрізок АВ визначає величину зниження статичного рівня води в свердловині Δh_c , а ордината точки В – величину напору насоса H_n . Досліджуючи сумісну роботу гідравлічно взаємодіючих споруд необхідно забезпечувати експлуатацію насоса в зоні рекомендованого застосування, тобто з найвищими ККД, що дозволяє мінімізувати питомі витрати електроенергії на подачу води споживачам.



Графічний метод розрахунку сумісної роботи споруд можна застосовувати лише для найпростіших випадків подачі води із однієї свердловини в напірний резервуар. Значно складнішою буде ця задача для випадків подачі води із групи свердловин, що знаходяться в гідравлічній взаємодії та з характеристиками споруд, що змінюються протягом терміну їх експлуатації. Для таких задач слід застосовувати аналітичні методи розрахунку [4-8], що дозволяють аналізувати роботу системи за будь-яких можливих варіантів (відключення з роботи деяких свердловин, заміна насосів, трубопроводів тощо) та вибирати найвигідніший варіант, при якому будуть найменшими питомі витрати електроенергії або експлуатаційні витрати комунального підприємства при використанні багатозонних тарифів за споживану електроенергію.

Висновки. При проектуванні нових, налагодженні побудованих та реконструкції діючих систем водопостачання необхідно вирішувати задачі вибору оптимального складу споруд, їх економічних розмірів та найвигіднішого режиму сумісної роботи. Оптимальне рішення можна знайти, аналізуючи багатоваріантні розрахунки цих систем, які представляють у вигляді математичних моделей. Достовірність результатів розрахунків залежить від достовірності вихідних даних, отриманих при визначенні характеристик всіх споруд, що входять в систему, враховуючи зміни, які відбуваються протягом часу її експлуатації.

Список літератури

1. Кошлякова Т.О. Сучасний стан використання питних підземних вод // Збірник наукових статей "III-го Всеукраїнського з'їзду екологів з міжнародною участю". Вінниця, 2011. Том 1. С .207. URL: <http://eco.com.ua/>
2. «Наука и жизнь» №3. М.:АНО, 2016. 144с. URL: <http://www.nkj.ru/>.
3. Національна доповідь про якість питної води та стан питного водопостачання в Україні у 2013 році // Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, Київ, 2014. 454с.
4. Хомуцька Т.П. Оптимізація роботи водопровідних систем з водозабірними свердловинами // Науковий вісник будівництва: зб. наук. праць. Вип. 71. Харків: ХНУБА, ХОТВ АБУ, 2013. С.361-366.
5. Хомуцька Т.П., Сизоненко Г.А. Енергоощадне водопостачання: проблеми і рішення (на прикладі Чернігівського водопроводу) // Проблеми водопоста-чання, водовідведення та гідравліки: наук-техн. зб. Вип.23. К.: КНУБА, 2014. С.53-59.
6. Хомуцька Т.П., Сизоненко Г.А. Дослідження доцільності застосування багатозонних тарифів на електроенергію у водопостачанні / Меліорація і водне господарство. Вип.101. К: ІВПіМ НААН, 2014.
7. Хомуцькая Т.П. Энергосберегающие технологии в системах подачи и распределения воды // Сб. научных трудов "Современные энерго- и ресурсосберегающие, экологически устойчивые технологии и системы сельскохозяйственного производства", Рязань, 2013, № 10. С. 246-252.

8. Шкінь О.М., Хоружий П.Д., Хомуцька Т.П. Шляхи енергозбереження в системах господарсько-питного водопостачання на прикладі Чернігівського водопроводу // Водне господарство України, № 2 (104), 2013. С.18-22.

Надійшло до редакції 20.11.2016