

Т.П. ХОМУТЕЦЬКА, кандидат технічних наук

В.С. МАЛЕЦЬКИЙ, аспірант

Київський національний університет будівництва і архітектури

## ВИБІР РАЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВОДОЮ МАЛИХ ОБ'ЄКТІВ ВОДОПОСТАЧАННЯ

*Проаналізовано сучасний стан водопостачання в Україні, досліджено проблеми забезпечення ефективної роботи водопровідних систем за різними схемами, розглянуто шляхи їх вирішення.*

**Ключові слова:** водопостачання, водоспоживання, питна вода, водопровідна система, ресурсозбереження.

*Проанализировано современное состояние водоснабжения в Украине, исследованы проблемы обеспечения эффективной работы водопроводных систем по различным схемам, рассмотрены пути их решения.*

**Ключевые слова:** водоснабжение, водопотребление, питьевая вода, водопроводная система, ресурсосбережение.

*The article analyzes the current state water supply in Ukraine, the problems of ensuring the efficient operation water supply systems according to different schemes, the ways to solve them.*

**Keywords:** water supply, water consumption, drinking water, plumbing system, resource saving.

Як відомо, системи водопостачання класифікують за багатьма ознаками та застосовують різні схеми забезпечення споживачів водою, що у кожному конкретному випадку залежить від цілої низки факторів. Основними вимогами, які ставлять до систем водопостачання, є забезпечення подачі розрахункових витрат води під необхідним вільним напором і потрібної якості для всіх її споживачів при найменших витратах на будівництво та експлуатацію водопровідних споруд. Робота системи водопостачання повинна бути надійною, а експлуатація простою, з широким використанням механізації та автоматизації, при цьому не повинна порушуватись екологічна рівновага, що склалась у даному регіоні.

Досягти виконання поставлених вимог при проектуванні чи реконструкції систем водопостачання не завжди просто, оскільки необхідно проводити складні техніко-економічні порівняння можливих варіантів водозабезпечення, аналізуючи різні схеми подачі води споживачам з використанням тих чи інших споруд та враховуючи вплив негативних наслідків при зміні будь-яких показників роботи системи з часом. Тому важливими завданнями нині є вивчення сучасного стану водопостачання в

державі, аналіз проблем, пов'язаних із забезпеченням ефективної роботи діючих водопроводів, дослідження шляхів їх вирішення.

Аналіз сучасного стану водозабезпечення в Україні [1] показав наступне.

1. Близько 70% систем водопостачання базуються на використанні води з поверхневих джерел.
2. Зарегулювання стоку і значне антропогенне навантаження стало причиною суттєвого погіршення якості поверхневих вод. При цьому значно посилені вимоги нового ДСанПіН [2] щодо якості водопровідної води порівняно з попередніми нормативами. У таких умовах діючі технології водопідготовки з поверхневих джерел не завжди здатні забезпечити потрібну якість очищеної води.
3. Комунальним підприємствам притаманна велика зношеність основних фондів, насамперед, водопровідних мереж, що призводить до значних втрат і вторинного забруднення води.
4. Зміна норм і режимів водоспоживання в населених пунктах, а також характеристик водопровідних споруд гідравлічної взаємодії при експлуатації призводять до створення надлишкових тисків в системі водопостачання та зростання її аварійності, а також незабезпечення споживачів потрібними витратами і напорами води та збільшення матеріальних і моральних збитків.
5. Значна частина діючого насосного обладнання в Україні потребує заміни чи реконструкції, оскільки робота насосів перебуває поза межами їх рекомендованого застосування, тобто з низькими ККД і високим енергоспоживанням. Питомі витрати електроенергії на подачу води в Україні мають набагато вищі показники ніж в інших європейських державах.

Поліпшити ситуацію можна завдяки реконструкції споруд водопровідної системи з використанням раціональних схем, енергозберігаючих технологій і сучасного ефективного обладнання, матеріалів і засобів на всьому шляху транспортування води від водного джерела до споживача, а також шляхом оптимізації системи водопостачання на основі математичного моделювання роботи гідравлічно взаємодіючих споруд з урахуванням зміни їхніх характеристик протягом часу експлуатації, аналізу отриманих результатів розрахунку при різних можливих варіантах водозабезпечення та визначення економічно доцільних режимів роботи споруд з найменшим енергоспоживанням.

У великих населених пунктах при достатній потужності водних джерел, як правило, застосовують централізовані системи водопостачання, що призначені для забезпечення водою усіх категорій споживачів, розташованих у ньому, або їх переважної більшості. Зазвичай вони характеризуються значними обсягами водоспоживання, включають широкий перелік водоприймальних, водопідйомних, очисних, водонапірних і регулюючих споруд, водоводів, магістральних і розподільних мереж, установок енергопостачання, автоматизації, телемеханізації і зв'язку.

Для задоволення потреб у воді невеликих об'єктів і населених пунктів найчастіше проектують локальні системи водопостачання. Їх застосовують для обслуговування окремих будинків або групи будівель житлового та комунального призначення, невеликих окремо розташованих промислових підприємств, тваринницьких ферм та комплексів, залізничних вузлів тощо. Вони характеризуються наявністю своїх індивідуальних джерел водопостачання (переважно підземних вод), значною нерівномірністю водоспоживання протягом доби внаслідок малої кількості водоспоживачів, невеликою протяжністю водопровідних ліній та насиченістю обладнанням, відсутністю громіздких споруд для очищення і зберігання води, що значно зменшує будівельну вартість таких систем та спрощує експлуатацію.

Вода в підземному джерелі, як правило, має вищу якість порівняно з поверхневими водами, іноді взагалі не потребує очищення, що значно спрощує схему водопостачання (рис.1), коли воду із свердловини подають заглибним електронасосом у водонапірну башту, а від неї – в розвідну водопровідну мережу об'єкта водопостачання [3].

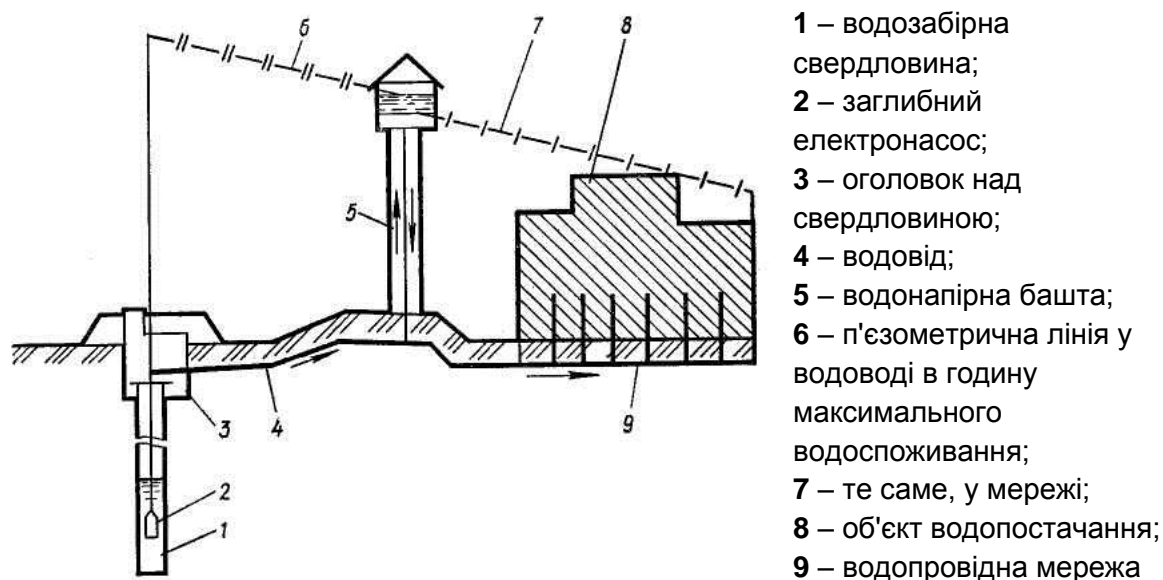


Рис. 1. Схема водопостачання із свердловини

При необхідності очищення підземних вод від заліза його доцільно здійснювати біологічним методом в напірних або баштових водознезалізнювальних установках (рис. 2), що мають такі переваги порівняно з аналогами: завдяки використанню залізобактерій у волокнистому завантаженні досягається висока ефективність очищення води від заліза (до 98%); надійність роботи, оскільки відсутні в конструкції сітки, що утримують пінополістирол від спливання і які, як показує практичний досвід, часто прориваються, що призводить до виносу гранул пінополістиролу; більші питома брудомісткість фільтра та тривалість фільтроциклу і менші витрати промивної води [3].

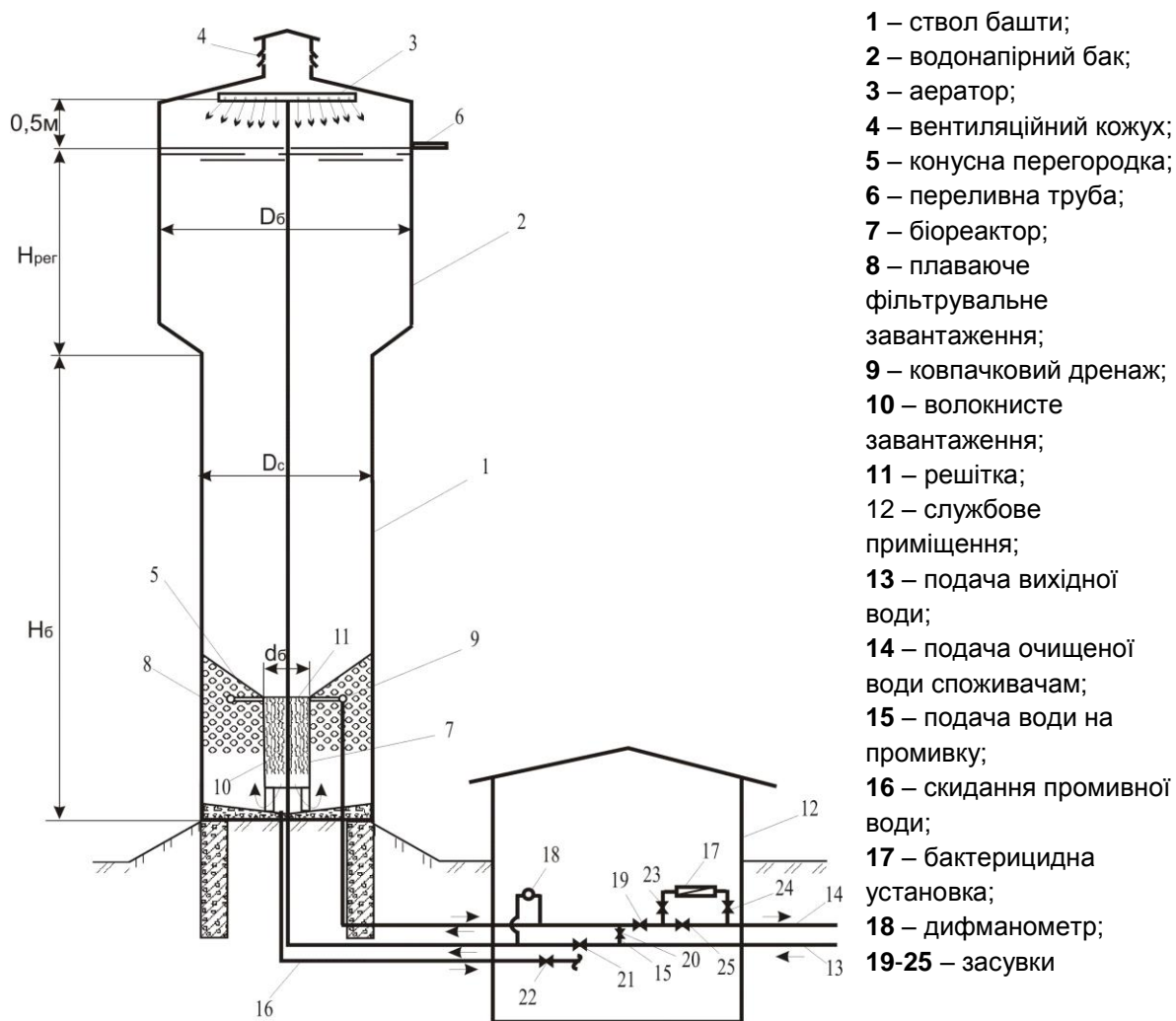
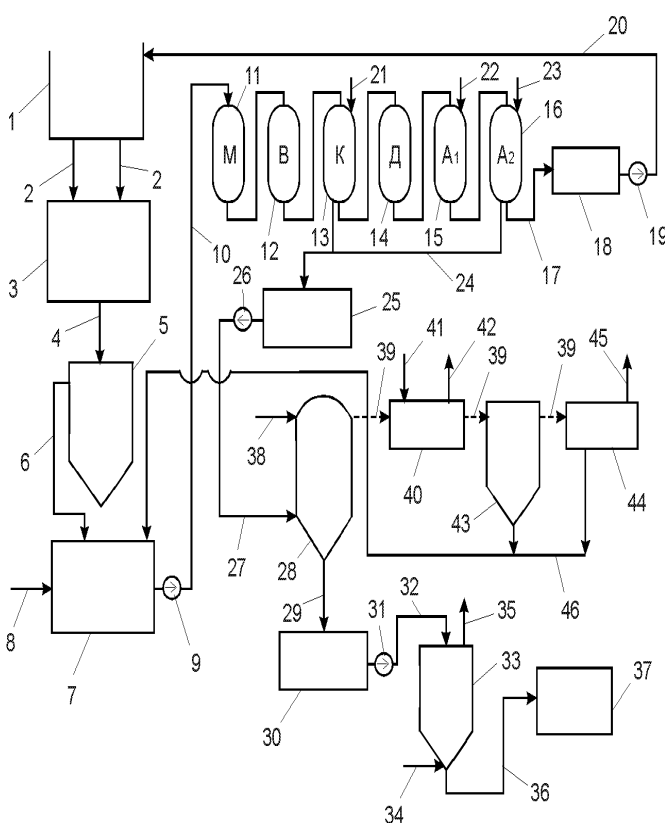


Рис. 2. Технологічна схема баштової водознезалізнювальної установки

Нині все частіше постають питання будівництва нових та виносу існуючих промислових підприємств за межі міст, що потребує створення для них повноцінного комплексу необхідних комунікацій та гарантування екологічної безпеки навколишнього середовища. Тому при забезпеченні водою промислових і сільськогосподарських підприємств великого значення набувають питання створення замкнених безстічних систем водопостачання.

У промисловості воду багаторазово використовують в таких основних циклах: термічному (охолодження, теплопередача); транспортному (гідротранспорт сировини, матеріалів, відходів); екстрагенному (розчинення, вилукування тощо). В основу принципів раціонального використання водних ресурсів у промисловості покладені водозберігаючі технологічні процеси, що виключають забруднення водних об'єктів шкідливими відходами. На рис.3 показано технологічну схему системи замкненого водозабезпечення підприємства гальванічного виробництва. Вона призначена для забезпечення підприємства технічною водою при виключенні скидання високомінералізованих хромовміщуючих стоків [3]. В цій системі попередньо нейтралізовані стоки після усереднення надходять на установку попередньої

підготовки води, що складається з механічних (13) та вугільних (14) фільтрів, на яких вода очищається від механічних домішок. На фільтрах знесолення 13-16 вода остаточно звільняється від солей, накопичується в резервуарі 18 і насосом 19 по трубопроводу 20 подається в систему технічного водопостачання підприємства для використання на технологічні потреби виробництва. Регенерацію катіоно- і аніонообмінних фільтрів установки знесолення виконують за допомогою регенераційних розчинів, які подають по трубопроводах 21-23. Відпрацьований регенераційний розчин, що скидається по трубопроводу 24 в установку нейтралізації 25, вміщує переважно кальцієво-амонійну селітру. Цей розчин насосом 26 по трубопроводу 27 подається у випарювальний апарат 28, в який подають також природний газ по трубопроводу 38 для нагрівання розчину в апараті при згоранні газу і упарювання його до концентрації 60-70%. Випарений розчин скидається по трубопроводу 29 в збірний резервуар 30, звідки він насосом 31 по трубопроводу 32 подається у барабанну сушилку 33, в яку також підводять димові гази з котельної по трубі 34. Просушені азотні добрива скидають по трубі 36 в збірну ємність 37 для використання в сільському господарстві.



1 – виробництво; 2 – скидання кислотних та хромовміщуючих стоків; 3 – установка для реагентної очистки стоків; 4 – скидання нейтралізованих стоків; 5 – відстійник; 6 – освітлена вода; 7 – резервуар технічної води; 8 – подача свіжої води; 9 – насос; 10 – подача промислової води на іонообмін; 11 – механічний фільтр; 12 – вугільний фільтр; 13 – катіонітовий фільтр; 14 – декарбонізатор; 15-16 – катіонітові фільтри відповідно I-го і II-го ступеня; 17 – відведення знесоленої води; 18 – резервуар; 19 – насос; 20 – подача оборотної води на виробництво; 21, 22 і 23 – подача регенераційних розчинів; 24 – відведення регенераційних стоків; 25 – установка нейтралізації; 26 – насос; 27 – відведення стоків на випаровування; 28 – випарювальний апарат; 29 – скидання випареного розчину; 30 – збірник випареного розчину; 31 – насос; 32 – подача випареного розчину для сушіння; 33 – барабанна сушилка; 34 – підведення димових газів з котельної; 35 – випуск газів в атмосферу; 36 – скидання мінеральних добрив; 37 – збірник азотних добрив; 38 – подача природного газу; 39 – відведення паро-газової суміші; 40 – теплообмінний апарат; 41 – підведення оборотної води; 42 – відведення оборотної води; 43 – розподільник; 44 – фільтр волокнистий; 45 – випуск газів в атмосферу; 46 – відведення конденсату

Рис. 3. Схема безстічної системи водопостачання підприємства гальванічного виробництва

З випарювального апарату 28 гаряча паро-газова суміш подається в теплообмінник 40, в який підводять оборотну воду для її нагрівання по трубі 41 і відводять по трубі 42. З розподільника 43 конденсована вода відводиться в резервуар технічної води 7, а гази очищаються на волокнистому фільтрі 44 і випускаються в атмосферу по трубі 45. У резервуар технічної води 7 подають розрахункову кількість свіжої води по трубі 8 для компенсації технологічних втрат води на виробництві.

Впровадження на промислових підприємствах такої безстічної системи водопостачання дає можливість виключити скидання у водойми хімічно забруднених мінералізованих стоків, утилізувати відходи виробництва шляхом отримання з них азотних добрив і ефективно використати тепло димових газів котельної.

Підприємства по переробці сільськогосподарської продукції мають свої характерні особливості: їх стічні води, як правило, не токсичні і мають велику кількість органічних речовин, які після мікробіологічної переробки можна використовувати як добрива для підживлювання сільськогосподарських культур; розташування підприємств у сільській місцевості дає можливість використовувати для біологічної очистки стічних вод поля зрошення, поля фільтрації, біологічні ставки.

На рис.4 показано технологічну схему замкненої системи очищення і використання стічних вод на птахофабриці. В цій системі очищена стічна вода разом з необхідною кількістю природної води з річки 1 насосною станцією 2 по трубопроводу 3 подається на птахофабрику 4, з якої виробничі і побутові стічні води по трубопроводу 5 скидаються у двоярусні відстійники 6, де відбувається їх механічна очистка. Осівший мул насосною станцією 7 по трубопроводу 8 подається на поля для заорювання, а попередньо очищена вода по трубопроводу 9 скидається на поля фільтрації 13 або на біофільтри 10 в залежності від температурних умов. Після біофільтрів стічна вода подається для доочищення і використання на поля зрошення 12. З полів зрошення 12 її фільтрації 13 вода збирається дренажними трубами і по колектору 14 скидається в біоставок 15, повертається до насосної станції 2, або скидається в річку 1 в залежності від конкретних умов [3].

В цій системі використовується механічна і біологічна очистки стічних вод. Біологічне очищення базується на здатності деяких мікроорганізмів руйнувати для своєї життєдіяльності органічні речовини, які повністю мінералізуються, утворюючи азотнокислі та вуглекислі солі. В даній схемі ці процеси відбуваються в природних умовах (в теплу пору року на полях зрошення, фільтрації і в біоставку), а також на штучній інженерній споруді – біофільтрі.

У випадках дефіциту прісних вод та необхідності їх перекидання на великі відстані із водозабезпечених районів або за економічної недоцільності буріння для кожного населеного пункту окремих водозабірних свердловин проектується груповий водопровід (рис. 5), головні споруди якого розраховують на сумарну витрату води всіма її споживачами [3].

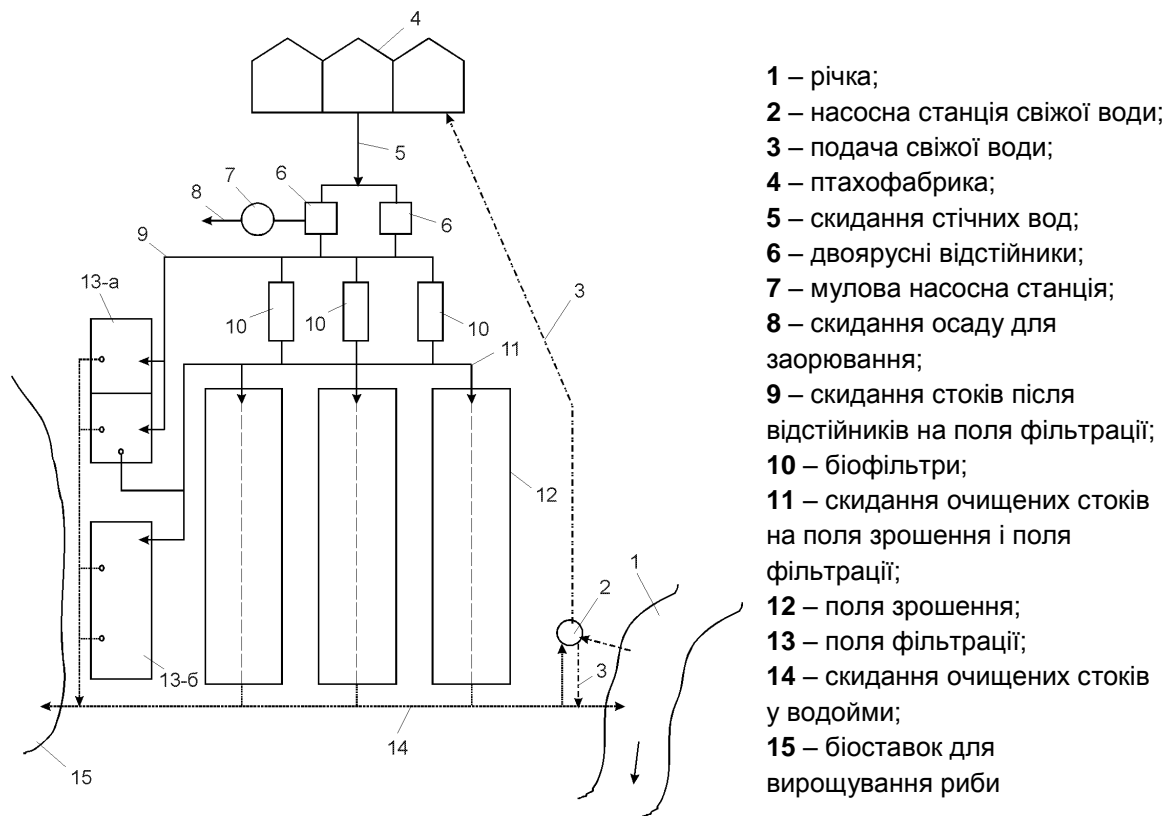


Рис. 4. Технологічна схема замкненої системи очищення і використання стічних вод на птахофабриці

Вода з багатого, як правило, поверхневого джерела надходить на станцію водопідготовки для очищення і знезараження до нормативних показників, накопичується у підземних резервуарах, з яких насосами II-го підняття по магістральному водоводу подається у розвідну мережу. З метою підвищення напору в системі для віддалених споживачів споруджують насосні станції III, IV і вищих підняття, що залежить від довжини магістрального водоводу і рельєфу місцевості.

Такі водопроводи побудовані у Миколаївській (Казанковський), Дніпропетровській (Софіївський), Одеській (Кілійський та Татарбунарський), Запорізькій (Західний) областях. Однак, як показують дослідження, при експлуатації групових систем водопостачання в Україні можуть виникати серйозні проблеми, що призводять до зростання собівартості води та незабезпечення її належної якості у споживачів, нанесення моральних та матеріальних збитків. Прикладом може слугувати складна ситуація, що склалася на Західному груповому водопроводі, який було запроєктовано і побудовано з метою забезпечення сільських населених пунктів Запорізької області, що користуються мінералізованою або привізною водою, централізованим водопостачанням, в якому питна вода відповідала б сучасним нормативним вимогам [4].

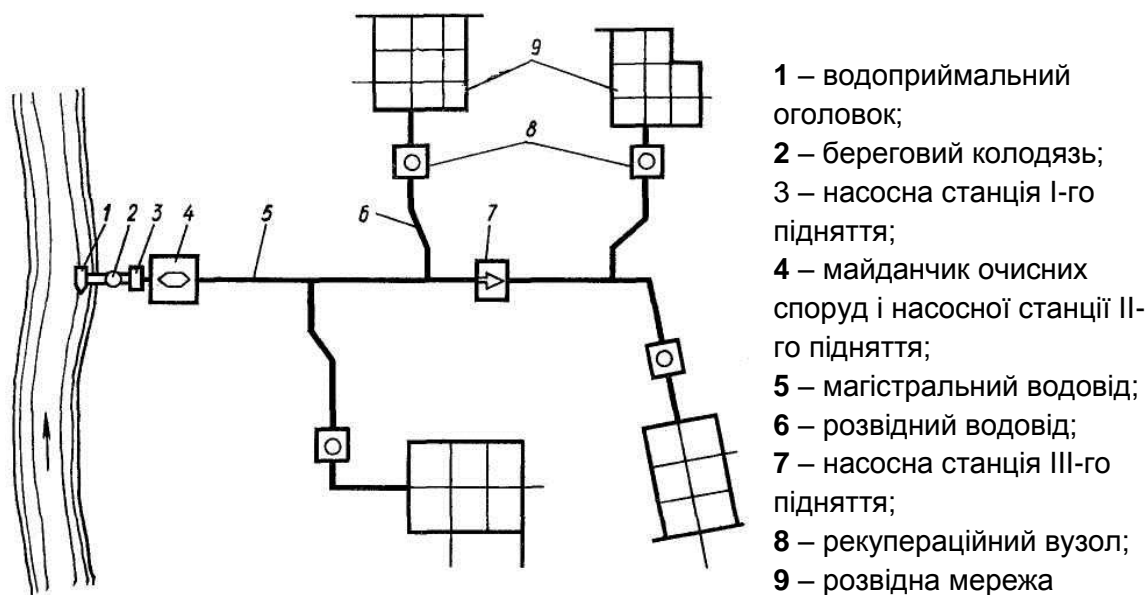


Рис. 5. Принципова схема групового водопроводу

Джерелом водопостачання цього водопроводу з передбаченою проектом загальною продуктивністю 200 тис. м<sup>3</sup>/добу служать поверхневі води Дніпра, що надходять з Каховського магістрального каналу. Розпочате у 1986 році будівництво водопроводу було призупинено у 1996 році через нестачу коштів. Нині експлуатується комплекс водозабірних споруд з насосною станцією 1-го підняття, водоочисні споруди, РЧВ і насосна станція 2-го підняття, що подає воду по напірному водогону в одну нитку діаметром 1420 мм до камери переключень подачі води на м.Мелітополь та діаметром 1220 мм на решті шляху магістральної лінії у напрямку до м.Бердянськ. На даний час продуктивність водозабірних і водоочисних споруд становить 75 тис. м<sup>3</sup>/добу, а загальна довжина водоводу складає 175 км.

Через значно нижчі порівняно з проектом обсяги води, що подається водоводом, невеликою є і швидкість руху води в ньому, а тому внаслідок значної протяжності лінії тривалість перебування води в трубах на шляху до кінцевих споживачів досягає 8 діб. Щоб досягти достатнього знезаражуючого ефекту під час тривалого транспортування води у неї необхідно подавати підвищені дози хлору, що призводить до утворення шкідливих хлорорганічних домішок та підвищення агресивності (нестабільності) води. В таких умовах відбувається корозія внутрішньої поверхні сталевих труб, що з одного боку викликає руйнування цих труб, а з іншого призводить до вторинного забруднення очищеної води продуктами корозії. При цьому значно погіршуються властивості води за показниками каламутності, кольоровості, загального вмісту заліза, що вимагає повторного очищення води на очисній станції м.Бердянськ, а отже, призводить до суттєвого подорожчання 1 м<sup>3</sup> очищеної води. Через велику вартість води 24 сільські населені пункти і селище Якімівка відмовляються брати воду із Західного групового водопроводу та використовують для своїх потреб високомінералізовану воду



із свердловин. Отже на даний час споживачем води являється лише м.Бердянськ після додаткового очищення на власних очисних спорудах, а також селища Приморське та Приазовське, у яких воду із Західного групового водопроводу змішують із підземною водою для зменшення її мінералізації. Таким чином, свого основного призначення, що полягає у забезпеченні сільських населених пунктів, які користуються неякісною питною водою, централізованим водопостачанням даний водопровід не виконує.

Виходом із такого скрутного становища може бути застосування децентралізованої системи водопостачання, у якій водопровідна вода поділяється на умовно чисту (технічну) і питну [5]. Технічну воду готують на головних спорудах (витратою 100%) і в подальшому використовують для санітарно-побутових потреб споживачів, поливу присадибних ділянок, обслуговування техніки, прання білизни, гасіння пожеж, виробничих потреб тощо. Вона має невелику собівартість і по всім показникам якості відповідає гігієнічним вимогам ДСанПіН для води з колодязів і каптажів. Воду високої якості для питних потреб та приготування їжі (обсягом 10-15% від загальної витрати) готують шляхом доочищення технічної води на локальних установках, встановлених біля споживачів, до вимог ДСанПіН для водопровідної води. Такі підходи дають можливість значно зменшити загальні витрати на водопідготовку при забезпеченні високої якості питної води.

При підготовці технічної води рекомендуються такі заходи [6, 7]:

- затримувати значну кількість забруднень безпосередньо у водному джерелі за допомогою водозабірно-очисних споруд, що дає можливість не тільки збільшити продуктивність водоочисної станції, а й значно зменшити її будівельну вартість, спростити експлуатацію споруд і зменшити річні експлуатаційні витрати;
- використовувати біохімічне окислення органічних домішок за допомогою прикріплених на поверхні волокнистого завантаження мікроорганізмів у біореакторах, що крім того, виконують функції забезпечення постійної швидкості фільтрування води, насичення її киснем та видалення газів з метою виключення пухирцевої кольматації у підфільтровому просторі прояснювальних фільтрів;
- інтенсифікувати процеси очищення води на швидких фільтрах, що досягається шляхом використання сил гравітації при висхідному русі води через плаваюче фільтрувальне завантаження контактних прояснювальних фільтрів, у підфільтровому просторі яких накопичується осад із пластівців гідроксидної групи, що додатково бере участь в очищенні води, як в прояснювачі із завислим осадом;
- замість дорогого і вибухонебезпечного рідкого хлору для знезараження води застосовувати технічний гіпохлорит натрію.

Запропоновані заходи з поліпшення роботи водопровідних споруд сприяють підвищенню ефективності водоочищення при економії матеріальних і енергетичних ресурсів. Застосування децентралізованої схеми водопідготовки дає змогу забезпечити високу якість питної води при

зменшенні загальної вартості системи водопостачання з поверхневих джерел і питомої вартості очищення води.

**Висновок.** Вибираючи схему забезпечення водою малих об'єктів і населених пунктів в системах сільськогосподарського водопостачання необхідно керуватися принципами ресурсозбереження для економії капітальних, енергетичних і водних ресурсів з дотриманням необхідних вимог охорони довкілля, враховуючи усі негативні наслідки, що можуть виникати при зміні з часом розрахункових обсягів водоспоживання і показників роботи системи. При проектуванні водопроводів необхідно виконувати техніко-економічні порівняння різних можливих варіантів подачі споживачам води нормативної якості, визначаючи найбільш економічно доцільний.

### Список літератури

1. *Національна доповідь про якість питної води та стан питного водопостачання в Україні у 2013 році /* Мінрегіон, Київ, 2014. 454 с.
2. *ДСанПіН 2.2.4-171-10.* Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною. Затверджено наказом МОЗУ 12.05.2010 № 400. Зареєстровано в МЮУ 1.07.2010 №452/17747.
3. *Хоружий П.Д., Хомутецька Т.П., Хоружий В.П.* Ресурсозберігаючі технології водопостачання. К: Аграрна наука, 2008. 534 с.
4. *Хоружий П.Д., Петроченко О.В.* Аналіз роботи Західного групового водопроводу Запорізької області // *Водне господарство України*, 2012, № 5. С.27-30.
5. *Василюк А.В.* Техніко-економічне обґрунтування доцільності застосування децентралізованого господарсько-питного водопостачання // *Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки*, 2010. Вип.15. С.66-73.
6. *Хоружий П.Д., Хомутецька Т.П., Хоружий В.П., Василюк А.В.* Шляхи ресурсозбереження в системах водопостачання // *Міжнародний конгрес "ЕТЕВК –2009": зб. доповідей 1-5 червня 2009 р. м. Ялта.* С.105-109.
7. *Хоружий В.П., Василюк А.В.* Рекомендації до проектування групових сільськогосподарських водопроводів // *Зб. матеріалів міжнародної н.-пр. конференції "Сучасні проблеми охорони довкілля, раціонального використання водних ресурсів та очищення природних і стічних вод"*. К.: Тов. "Знання" України, 2008. С. 21-23.

*Надійшло до редакції 12.09.2016*