

УДК 628.1

ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ ПІДГОТОВКИ І РОЗПОДІЛУ ВОДИ В ДЕЦЕНТРАЛІЗОВАНИХ ГРУПОВИХ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ВОДОПРОВОДАХ*

О.В. ПЕТРОЧЕНКО

ІНСТИТУТ ВОДНИХ ПРОБЛЕМ І МЕЛІОРАЦІЇ НААН

Розглянуто проблему підвищення ефективності роботи групових сільськогосподарських водопроводів для забезпечення споживачів якісною питною водою при найменших витратах на будівництво і експлуатацію водопровідних споруд.

Ключові слова: *централізовані і децентралізовані групові сільськогосподарські водопроводи, технічна вода, питна вода, споруди та установки для очищення води, капіталовкладення*

Проблема та її актуальність. За визначенням Європейської комісії ООН країна, в якій місцевий річковий стік менше 1,7 тис. м³/рік на одну людину, вважається малозабезпеченою власними водними ресурсами. В Україні цей показник становить 1,1 тис. м³/рік на одну людину [1]. Залежно від величини опадів, річковий стік в Україні коливається в межах від 48,8 до 83,5 млрд. м³/рік [2]. Але біля 70% цього стоку припадає на північно-західні області України, де проживає 40% населення, а на південно-східній території, де проживає 60% населення і знаходиться 70% агропромислового комплексу, припадає всього 30% річкового стоку, що обумовлює створення водного дефіциту і проблеми із забезпеченням населення якісною питною водою. Цей дефіцит усувають шляхом перекидання води з дніпровських водосховищ по каналах і водоводах у південно-східні регіони.

Групові сільськогосподарські водопроводи найчастіше застосовують при водозаборі з поверхневих джерел, значно віддалених від сільських населених пунктів, а також у разі економічної недоцільності буріння водозабірних свердловин для кожного населеного пункту [3]. Головні споруди такого водопроводу розраховують на сумарну витрату води всіма її споживачами. При цьому розрахункові витрати води треба визначати окремо по кожному об'єкту, що підключається, для теплого і холодного періодів року з урахуванням сезонної роботи підприємств АПК, технології утримання тварин, поливу тощо. Але у всіх випадках споруди групового водопроводу повинні забезпечувати рівномірну протягом доби подачу розрахункових витрат води споживачам.

До цього часу групові сільськогосподарські водопроводи проектували і будували аналогічно міським системам водопостачання, тобто за централізованою схемою підготовки і розподілу води, що призводить до великих капітальних і експлуатаційних витрат при невідповідності якості питної води встановленим нормативним вимогам [4]. Це пояснюється тим, що на водоочисній станції для потреб усіх споживачів воду очищують до якості питної води в умовах, коли для питних потреб її витрачається не більше 10-15%.

Так, для централізованого забезпечення сільських населених пунктів Запорізької області, що ко-

ристуються мінералізованою або привізною водою, було споруджено Західний груповий водопровід (ЗГВ), джерелом водопостачання якого є поверхневі води з каналу Р-9, що входить в систему Каховського магістрального каналу (рис.1) [5].

Для очищення води на спорудах головної очисної станції ЗГВ прийнята технологічна схема з мікрофільтрами, вихровими змішувачами і контактними прояснювачами (рис.2). Головна водоочисна станція ЗГВ працює так. Вихідна вода з каналу Р-9 від НС-1 по трубопроводу 1 подається в мікрофільтр 2 для її механічного проціджування крізь сітку, яка обертається і промивається водою. У вихідну воду із реагентного цеху 3 насосами-дозаторами подається розрахункова доза розчинів коагулянтів і флокулянтів, які перемішуються з основною масою оброблюваної води у вихровому змішувачі 4, після якого вода надходить у контактний прояснювач 5, де вона, рухаючись знизу догори, звільняється від забруднень, що обумовлюють її каламутність та кольоровість. Від контактного прояснювача 5 профільтрована вода надходить у резервуар чистої води 9 (РЧВ), звідки вона насосами 2-го підняття 10 по водогону ЗГВ подається споживачам.

Водозабірні споруди і насосна станція 1-го підняття (НС-1) знаходяться на березі каналу Р-9 (поз.3 на рис.1), а майданчик водоочисних споруд ЗГВ (поз. 5 рис.1) і насосна станція 2-го підняття (НС-2) розміщені на відстані 11,5 км від каналу Р-9 біля селища Новоданилівка. Споживачами води ЗГВ є м. Бердянськ, який споживає до 30 тис. м³/добу, м. Приморськ (до 5 тис. м³/добу в літній час), та с.м.т. Приазовське (до 2 тис. м³/добу). Проте 24 невеликих сільських населених пункти і с.м.т. Якимівка відмовляються брати воду із ЗГВ через її велику вартість (15-18 грн./м³), користуючись високомінералізованою водою із свердловин.

Нині для економного витрачання електроенергії мікрофільтри 2 (рис. 2) відключені, а для окиснення органічних домішок, що перешкоджають фільтруванню води і вимагають частого промивання контактного прояснювача 5, у вихідну воду з хлораторної 6 по трубопроводу 7 подають хлор, який, крім знезараження води, призводить до утворення дуже шкідливих для здоров'я людей хлорорганічних речовин, які не затримуються у фільтрувальному завантаженні і надходять з відфільтрованою водою до споживачів.

*Науковий керівник – д.т.н., професор Хоружий П.Д.

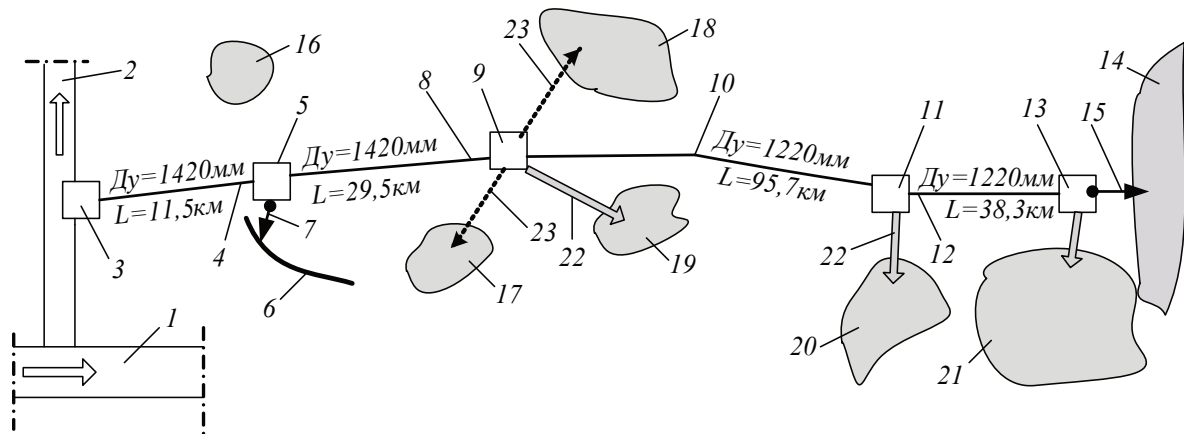


Рис.1. Існуюча схема водопостачання Західного групового водопроводу(ЗГВ):

1 – Каховський магістральний канал; 2 – канал Р-9; 3 – комплекс водозабірних споруд і НС-1; 4 – напірний водогін від НС-1 до головної водоочисної станції; 5 – майданчик споруд головної водоочисної станції і НС-2; 6 – р. В. Утлюг; 7 – скидання промивних вод; 8 – водогін від НС-2 до камери переключень; 9 – майданчик камери переключень подачі води; 10 – напірний водогін від камери переключень до НС-3; 11 – майданчик НС-3; 12 – напірний водогін від НС-3 до НС-4; 13 – комплекс очисних споруд у м. Бердянську і НС-4; 14 – Азовське море; 15 – скидання промивних вод; 16 – селище Новоданилівка; 17 – с.м.т. Якимівка; 18 – м. Мелітополь; 19 – с.м.т. Приазовське; 20 – м. Приморськ; 21 – м. Бердянськ; 22 – водопостачання населеного пункту, що підведене; 23 – водопостачання населеного пункту, що тимчасово відключене

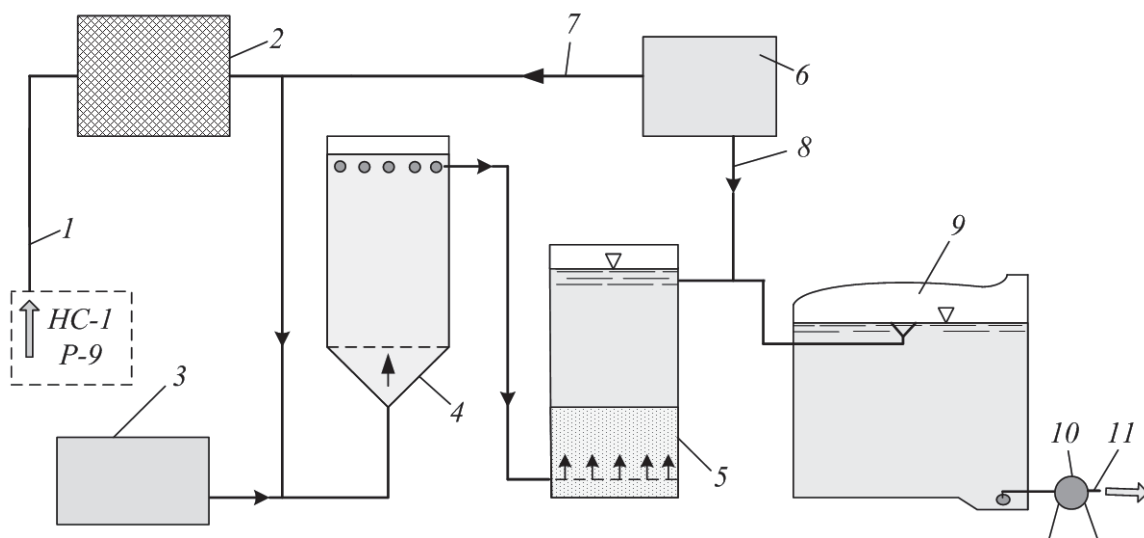


Рис.2. Схема технологічних споруд головної водоочисної станції ЗГВ:

1 – подача води від НС-1; 2 – мікрофільтр; 3 – реагентний цех; 4 – вихровий змішувач; 5 – контактний прояснювач; 6 – хлораторна; 7 – подача хлору для попереднього хлорування вихідної води; 8 – подача хлору для знезараження профільтрованої води; 9 – резервуар чистої води; 10 – НС-2; 11 – водогін до НС-2

Для знезараження відфільтрованої води з хлораторної 6 через трубопровід 8 подають підвищені дози хлору, що подовжує дезінфікуючу дію хлору на всьому шляху транспортування води та забезпечує залишок вільного хлору у кінці водоводу. Від цього підвищується агресивність води і швидкість внутрішньої корозії сталевих водоводу, транспортування води по якому в одну лінію довжиною 175 км

і тривалим перебуванням її (до 8 діб) у трубах призводить до погіршення органолептичних властивостей води (каламутність, кольоровість). Збільшується загальний вміст заліза, що призводить до необхідності повторного очищення води на очисних станціях Бердянська, а отже значного подорожчання 1м³ очищеної води [5]. Крім того, внаслідок корозії внутрішньої поверхні труб відбувається їх руйнування,

що призводить до скорочення терміну експлуатації водоводу. Застосування реагентів для подвійного очищення води призводить до подорожчання води та збільшення об'ємів шкідливих промивних вод, які забруднюють довкілля.

Для покращення роботи ЗГВ слід впроваджувати децентралізовану систему очищення, подачі і розподілу води, суть якої полягає в розділенні очищеної води на технічну і питну [6]. Технічну воду готують на головних спорудах у обсязі 100% загального водоспоживання, а воду питної якості готують шляхом доочищення технічної води на локальних водоочисних установках в місцях споживання питної води. При цьому в системах децентралізованих групових сільськогосподарських водопроводів (ДГСГВ) до якості питної води виставляють такі ж вимоги як і до якості води питної водопровідної згідно [4], а до якості технічної води на головних спорудах ДГСГВ виставляють вимоги як до питної води з колодязів і каптажів (табл. 1).

Для здешевлення технічної води слід застосовувати на головних спорудах водопроводів водозабірно-очисні споруди [6-9], які затримують значну частину забруднень безпосередньо у поверхневій водоймі.

У ДГСГВ підготовка технічної води на головних спорудах, подача її споживачам та доочищення технічної води до якості питної в місцях споживання може здійснюватись за такими схемами (рис.3).

Для населеного пункту обирається одна з трьох можливих схем (рис. 3а, б, в) децентралізованого водопостачання, яка за техніко-економічними показниками є найкращою. Спочатку, використовуючи нормативний документ [10] або рекомендації [11], встановлюється добова і річна витрата питної і технічної води:

$$Q_n = q_n N + \sum_{i=1}^{K_n} q_i^n \eta_i^n ; \quad (1)$$

$$G_n = \frac{365}{1000} Q_n ; \quad (2)$$

$$Q_m = \sum_{j=1}^{K_m} q_j^m \eta_j^m ; \quad (3)$$

$$G_m = 10^{-3} \sum_{j=1}^{K_m} k_j^m q_j^m \eta_j^m , \quad (4)$$

де Q_n – добова витрата питної води у населеному пункті, л/добу; q_n^n – норма споживання питної води на одну людину, л/добу; N – кількість мешканців у населеному пункті, q_i^n – норма споживання води питної якості i -ю твариною у приватних господарствах населеного пункту, л/добу; η_i^n – кількість тварин та птиці i -го виду у населеному пункті; K_n – кількість видів тварин та птиці у населеному пункті, яких треба напувати водою питної якості; G_n – річна витрата питної води у населеному пункті, м³/рік; 365 – кількість днів у календарному році; Q_m – добова витрата технічної води у населеному пункті, л/добу; q_j^m – добова витрата технічної води на здійснення одиниці j -го заходу використання технічної води (миття житлових та господарських приміщень, полив 1м² площі присадибної ділянки, миття 1м² тротуару або дороги, витрати на одне пожежогасіння тощо), л/добу; η_j^m – кількісна оцінка одного j -го заходу використання технічної води у населеному пункті; k_j^m – кількість виконання (періодичність) у населеному пункті j -го заходу використання технічної води на протязі одного календарного року; K_m – кількість видів

1. Вимоги за органолептичними і фізико-хімічними показниками до якості технічної води на водозабірних спорудах та питної води в системах ДГСГВ [5, 7]

№ п/п	Найменування показників води	Одиниця виміру	Нормативні значення показників (ГДК)	
			вода технічна (згідно [7])	вода водопровідна питна (згідно [5, 7])
1	Запах	бали	3	2
2	Забарвленість	градуси	35	20
3	Каламутність	мг/дм ³	2,0	1,0
4	Смак і присмак	бали	3	2
5	Водневий показник	pH	6,5-8,5	6,5-8,5
6	Залізо загальне	мг/дм ³	1,0	0,2
7	Загальна жорсткість	мг-екв/дм ³	10,0	7,0
8	Марганець	мг/дм ³	0,5	0,05
9	Сульфати	мг/дм ³	500	250
10	Хлориди	мг/дм ³	350	250
11	Нітрати	мг/дм ³	50,0	50,0
12	Нітрити	мг/дм ³	3,3	0,5
13	Сухий залишок	мг/дм ³	1500	1000
14	Хлор залишковий вільний	мг/дм ³	0,5	0,5

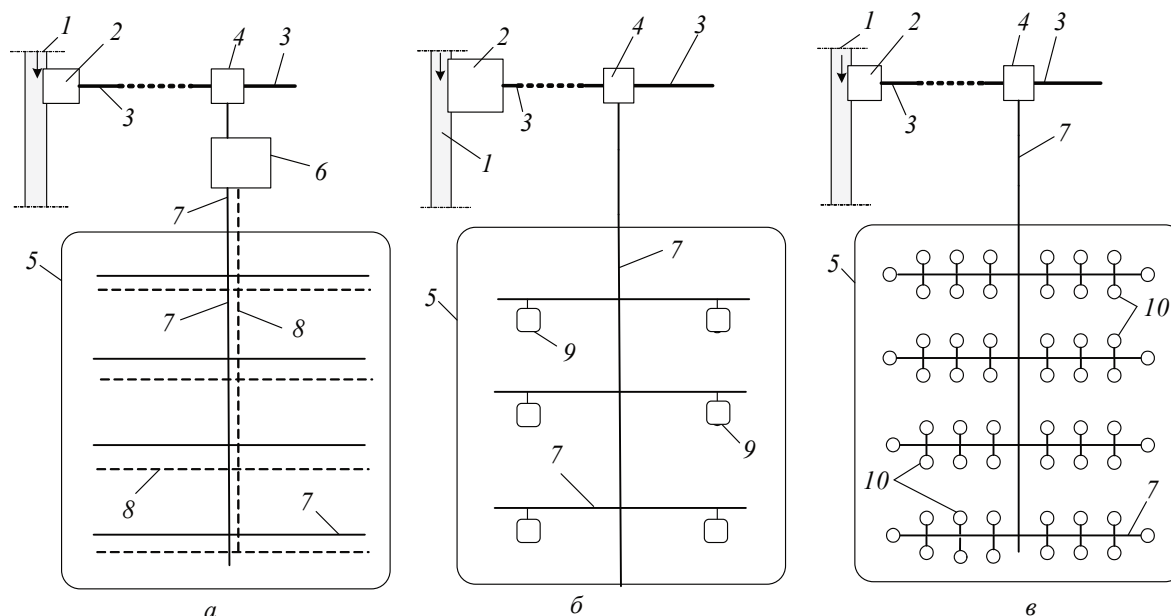


Рис. 3. Технологічні схеми децентралізованого водопостачання населених пунктів за допомогою ДГСГВ:

а – дуплексна схема подачі технічної і питної води; *б* – бюветна схема розподілу питної води; *в* – схема локального доочищення води у кожній садибі; 1 – джерело водопостачання; 2 – головні споруди підготовки і подачі технічної води; 3 – напірний водовід; 4 – камера переключень подачі води; 5 – населений пункт; 6 – блок очисної і насосної станції дуплексної системи подачі води; 7 – мережа розподілу технічної води; 8 – розподільна мережа питної води; 9 – водоочисна установка бюветного типу для підготовки питної води; 10 – локальна водоочисна установка для підготовки питної води у господарстві

заходів використання технічної води у населеному пункті; G_m – річна витрата технічної води у населеному пункті, $\text{м}^3/\text{рік}$.

Якщо за санітарними нормами технічна вода з групового водопроводу придатна для напування тварин і птиці, то витрата води на ці потреби враховується у Q_m за формулою (3), а величина Q_n відповідно зменшується.

За даними G_n і G_m для кожної схеми на рис. 3 визначається добова витрата води на водоочисних спорудах, потім обираються конструкції водоочисних споруд, визначаються капітальні витрати на їх будівництво і витрати на їх експлуатацію, а потім визначається собівартість очищення річного об'єму води.

За схемою на рис. 3а витрата води водоочисної станції розраховується так:

$$Q_a = \frac{Q_n k_a^n}{t_a 3600}, \quad (5)$$

де Q_a – розрахункова витрата води очисної станції за схемою на рис. 3а, л/с; Q_n – добова витрата питної води у населеному пункті, л/добу; t_a – тривалість роботи очисної станції протягом доби (залежить від режиму споживання питної води та ємності резервуара чистої води очисної станції 6 на рис. 3а), год./добу; k_a^n – коефіцієнт погодинної нерівномірності споживання води ($K_a^n = 3,0 \dots 4,0$).

Конструкції очисної станції і насосної станції (поз. 6 на рис. 3а) обирають залежно від Q_a , розра-

хованої за формулою (5). Потім для схеми на рис. 3а визначають будівельну вартість споруд (капіталоукладення) за формулою:

$$K_a = K_a^{OC} + K_a^{HC} + K_a^{PP} + K_a^{PT}, \quad (6)$$

де K_a – будівельна вартість усієї системи водопостачання населеного пункту за схемою на рис. 3а, тис. грн.; K_a^{OC} – будівельна вартість очисної станції, тис. грн.; K_a^{HC} – будівельна вартість насосної станції, тис. грн.; K_a^{PP} – будівельна вартість розподільчої системи питної води, тис. грн.; K_a^{PT} – будівельна вартість розподільчої системи технічної води, тис. грн.

Собівартість C_a водопостачання населеного пункту протягом року (вартість капітальних та експлуатаційних витрат, віднесених до одного року) визначають:

$$C_a = \left(\frac{K_a^{OC}}{T_a^{OC}} + \frac{K_a^{HC}}{T_a^{HC}} + \frac{K_a^{PP}}{T_a^{PP}} + \frac{K_a^{PT}}{T_a^{PT}} \right) + 10^{-3} (b_a^n G_n + b_a^m G_m),$$

тис. грн./рік, (7)

де T_a^{OC} , T_a^{HC} , T_a^{PP} , T_a^{PT} – розрахунковий строк експлуатації відповідно очисної станції, насосної станції, розподільчої системи питної води, розподільчої системи технічної води, рік; b_a^n – питомі експлуатаційні витрати на очищення 1м^3 питної води, грн./ м^3 ; b_a^m – питомі експлуатаційні витрати на подачу споживачам 1м^3 технічної води, грн./ м^3 .

Приведені витрати Π_a на водопостачання населеного пункту за схемою на рис. 3а визначають за формулою [12]:

$$\Pi_a = E_n K_a + C_a, \text{ тис. грн./рік}, \quad (8)$$

де $E_n = 0,15$ – нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень.

За схемою на рис. 3б спочатку розраховують кількість n_o очисних установок бюветного типу (поз. 9 на рис. 3б) за умови:

$$n_o \geq N / N_o; \quad N_o \approx 100, \quad (9)$$

де N – загальна кількість мешканців населеного пункту; N_o – кількість мешканців, які споживають питну воду з однієї очисної установки бюветного типу.

У розрахунках приймається найменше значення n_o , яке відповідає умові (9).

Витрату води на установці бюветного типу розраховують за формулою:

$$Q_o = \frac{Q_n k_o^n}{n_o t_o 3600}, \quad (10)$$

де Q_o – розрахункова витрата води очисної установки 9 за схемою на рис. 3б, л/с; t_o – тривалість роботи очисної установки протягом доби (залежить від режиму споживання питної води та ємності гідроакумулятора очисної установки 9), год./добу; k_o^n – коефіцієнт погодинної нерівномірності споживання води.

Конструкція очисної установки бюветного типу обирається залежно від витрати води Q_o , розрахованої за формулою (9). Для схеми на рис. 3б визначають будівельну вартість споруд (капіталовкладення) за формулою:

$$K_o = n_o K_o^{OVB} + K_o^{PT}, \quad (11)$$

де K_o – будівельна вартість системи водопостачання населеного пункту за схемою на рис. 3б, тис. грн.; K_o^{OVB} – будівельна вартість очисної установки бюветного типу, тис. грн.; K_o^{PT} – будівельна вартість системи подачі технічної води, тис. грн.

Собівартість C_o водопостачання населеного пункту протягом року (вартість річних витрат за схемою на рис. 3б) визначають за формулою:

$$C_o = \left(\frac{n_o K_o^{OVB}}{T_o^{OVB}} + \frac{K_o^{PT}}{T_o^{PT}} \right) + 10^{-3} [b_o^n G_n + b_o^m (G_n + G_m)], \quad \text{тис. грн./рік}, \quad (12)$$

де T_o^{OVB} і T_o^{PT} – розрахунковий строк експлуатації відповідно очисної установки бюветного типу і розподільчої системи технічної води, рік; b_o^n – питомі експлуатаційні витрати на очищення 1м^3 питної води на установках бюветного типу, грн./ м^3 ; b_o^m – питомі експлуатаційні витрати на подачу технічної води в очисні установки бюветного типу та споживачам, грн./ м^3 .

Приведені витрати Π_o на водопостачання населеного пункту протягом року за схемою на рис. 3в визначають за формулою:

$$\Pi_o = E_n K_o + C_o, \text{ тис. грн./рік}. \quad (13)$$

За схемою на рис. 3в кількість n_o очисних установок локального типу (поз. 10 на рис. 3в) відповідає кількості господарств сільського населеного пункту.

Витрату води на установці локального типу розраховують за формулою:

$$Q_o = \frac{Q_n k_o^n}{n_o t_o 3600}, \quad (14)$$

де Q_o – розрахункова витрата води очисної установки 10 за схемою на рис. 3в, л/с; t_o – тривалість роботи очисної установки протягом доби (залежить від режиму споживання питної води та ємності гідроакумулятора очисної установки 10), год./добу; k_o^n – коефіцієнт погодинної нерівномірності споживання води.

Конструкція локальної очисної установки обирається залежно від Q_o , розрахованої за формулою (14). Для схеми на рис. 3в визначають будівельну вартість локальних установок та споруд (капіталовкладення) за формулою:

$$K_o = n_o K_o^{LOV} + K_o^{PT}, \quad (15)$$

де K_o – будівельна вартість системи водопостачання населеного пункту за схемою на рис. 3в, тис. грн.; K_o^{LOV} – будівельна вартість локальної очисної установки, тис. грн.; K_o^{PT} – будівельна вартість системи подачі технічної води, тис. грн.

Собівартість водопостачання населеного пункту протягом року (вартість річних витрат за схемою на рис. 3в) визначають за формулою:

$$C_a = \left(\frac{n_o K_o^{LOV}}{T_o^{LOV}} + \frac{K_o^{PT}}{T_o^{PT}} \right) + 10^{-3} [b_o^n G_n + b_o^m (G_n + G_m)], \quad \text{тис. грн./рік}, \quad (16)$$

де T_o^{LOV} і T_o^{PT} – розрахунковий строк експлуатації відповідно локальної очисної установки і розподільчої системи технічної води, рік; b_o^n – питомі експлуатаційні витрати на очищення 1м^3 питної води на локальних очисних установках, грн./ м^3 ; b_o^m – питомі експлуатаційні витрати на подачу в господарства населеного пункту 1м^3 технічної води, грн./ м^3 .

Приведені витрати Π_o на водопостачання населеного пункту за схемою на рис. 3в визначають за формулою:

$$\Pi_o = E_n K_o + C_o, \text{ тис. грн./рік}. \quad (17)$$

Для населеного пункту обирається схема а, б або в децентралізованого водопостачання (рис. 3), яка за критерієм мінімуму собівартості C_a , C_o , C_v водопостачання населеного пункту протягом одного року має найменше значення.

З урахуванням можливих ризиків вкладення інвестицій в будівництво капітальних споруд та придбання очисних установок вибір схеми децентралізованого водопостачання доцільно здійснювати за критерієм мінімуму приведених витрат P_a, P_b, P_c , до складу яких, крім фактичних амортизаційних витрат по капітальних спорудах та установках, додатково входять умовні амортизаційні витрати, які розраховуються на один рік умовно-нормативного строку окупності ($T_n = 6,67$ років) капітальних вкладень: $E_n K = K / T_n = K / 6,67 = 0,15K$.

Висновки. Основною проблемою групових сільськогосподарських водопроводів України є забруднення води у сталевих водоводах великої протяжності. Через низьку якість води у групових сільськогосподарських водопроводах та її високу вартість доцільно замінити централізовану технологію підготовки, та розподілу води у групових сільськогосподарських водопроводах на децентралізовану, за якою воду необхідно попередньо очищувати до якості технічної води дешевим способом, безпосередньо на спорудах забору води

з поверхневих джерел, а в місцях споживання води необхідно тільки 10-15% технічної води доочищувати до якості питної, використовуючи для цього очисні споруди та локальні установки невеликої продуктивності.

Визначено три основні схеми водопостачання населених пунктів децентралізованими груповими сільськогосподарськими водопроводами – дуплексна схема, бюветна схема та схема локального доочищення технічної води до якості питної у кожному господарстві.

Вибір раціональної схеми децентралізованого водопостачання та проектного рішення водопровідної системи у населеному пункті доцільно здійснювати за критерієм досягнення мінімуму витрат на подачу, очищення та розподіл необхідної кількості питної і технічної води у населеному пункті протягом року, а також за критерієм мінімуму приведених витрат.

Бібліографія

1. StatInfo.biz – Международная экономическая статистика [Электронный ресурс]: – Режим доступу: <http://statinfo.biz/Data.aspx?act=6467&lang=1>.
2. Водні ресурси: використання, охорона, управління / А.В. Яцик, Ю.М. Грищенко, Л.А. Волкова, І.А. Пашенок. – К.: Генеза, 2007. – 360 с.
3. Хоружий П.Д. Ресурсозберігаючі технології водопостачання / П.Д. Хоружий, Т.П. Хомуцька, В.П. Хоружий. – К.: Аграрна наука, 2008. – 534 с.
4. ДСаН ПiН 2.2.4-171-10. Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною. Затверджено наказом МОЗУ 12.09.2010, №400. Зареєстровано в МЮУ 1.07.2010, №452/17747.
5. Хоружий П.Д. Аналіз роботи Західного групового водопроводу Запорізької області / П.Д. Хоружий, О.В. Петроченко // Водне господарство України. – 2012. – №5. – С. 27–30.
6. Хоружий П.Д. Розробка і дослідження споруд для підготовки технічної води в децентралізованих групових сільгоспводопроводах / П.Д. Хоружий, О.В. Петроченко // Меліорація і водне господарство. – 2014. – вип.101. – С. 124–136.
7. Рекомендації з ефективних і ресурсозберігаючих технологій в системах питного водопостачання сільського населення та підприємств АПК / П.Д. Хоружий, Т.П. Хомуцька, Є.М. Мацелюк [та ін.] // ІВПiМ НААН 2013. – 51 с.
8. Патент України на корисну модель №94288. Береговий сифонно-фільтрувальний водозабір / П.Д. Хоружий, О.В. Петроченко, Т.П. Хомуцька. – 2014. – Бюл. № 21.
9. Патент України на корисну модель №94900. Плаваючий водозабірно-фільтрувальний агрегат / П.Д. Хоружий, О.В. Петроченко, Т.П. Хомуцька. – 2014. – Бюл. № 22.
10. ВБН 46/33-2.5-5-96. Мінсільгоспвод України. Сільськогосподарське водопостачання. Зовнішні мережі і споруди. Норми проектування.
11. Стасюк С.Р. Нормування господарсько-питного водоспоживання в системах сільськогосподарського водопостачання / С.Р. Стасюк, П.Д. Хоружий // Меліорація і водне господарство. 2014. вип.101, С. 97–105.
12. Хоружий П.Д. Техніко-економічне обґрунтування доцільності застосування децентралізованих схем водопостачання на групових сільськогосподарських водопроводах / П.Д. Хоружий, О.В. Петроченко, А.В. Василюк. / Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки. // Науково-техн. зб. Київ, КНУБА. – 2013. – вип. 21. – С. 36–43.

Рассмотрена проблема повышения эффективности работы групповых сельскохозяйственных водопроводов для обеспечения потребителей качественной питьевой водой при наименьших затратах на строительство и эксплуатацию водопроводных сооружений.

It is considered the problem of increasing the efficiency of the group of agricultural water systems to provide customers with quality drinking water at the lowest cost for the construction and operation of water supply facilities.