

П.Д.ХОРУЖИЙ, доктор технічних наук
О.В.ПЕТРОЧЕНКО, аспірант
Інститут водних проблем і меліорації НААНУ.
А.В.ВАСИЛЮК, кандидат технічних наук
Одеська державна академія будівництва та архітектури

ТЕХНІКО–ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ДЕЦЕНТРАЛІЗОВАНИХ СХЕМ ВОДОПОСТАЧАННЯ НА ГРУПОВИХ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ВОДОПРОВОДАХ

Розглянуто проблему підвищення якості питної води в системах сільськогосподарського водопостачання при зменшенні капітальних і експлуатаційних ресурсів. Показано, що на групових сільськогосподарських водопроводах доцільно застосовувати децентралізовані схеми підготовки і розподілення води на технічні і питні потреби, в яких питну воду отримують шляхом доочищення технічної води на спеціальних установках. Наведена методика визначення максимальної кількості таких установок в системі водопостачання.

Ключові слова: децентралізований господарсько-питний водопровід; технічна вода; питна вода; водоочисна станція; ресурсозбереження; чистий дисконтований дохід.

Рассмотрена проблема повышения качества питьевой воды в системах сельскохозяйственного водоснабжения при уменьшении капитальных и эксплуатационных ресурсов. Показано, что на групповых сельскохозяйственных водопроводах целесообразно применять децентрализованные схемы подготовки и распределения воды на технические и питьевые нужды, в которых питьевую воду получают путем доочистки технической воды на специальных установках. Приведена методика определения максимального количества таких установок в системе водоснабжения.

Ключевые слова: децентрализованный хозяйственно-питьевой водопровод; техническая вода; питьевая вода; водоочистная станция; ресурсосбережение; чистый дисконтированный доход.

The problem of upgrading drinking-water is considered in the agricultural water systems at diminishing of capital and operating resources. It is rotined that on the group agricultural plumbings it is expedient to apply the decentralizing charts of preparation and distributing of water at distributing of it on technical and drinkable necessities in which a drinking-water is got the way of doochischenya of

technical water on the special settings, and the resulted method of determination of maximal amounts of such settings are in the water system.

Keywords: decentralizing economic-drinkable plumbing; technical water; drinking-water; water-treatment plant; saving of recourses; net discounted profit.

Як відомо, до систем водопостачання ставлять вимоги надійного забезпечення всіх споживачів водою в розрахунковій кількості під необхідним вільним напором і належної якості при найменших витратах на будівництво і експлуатацію водопровідних споруд.

Групові сільськогосподарські водопроводи найчастіше застосовують при водозаборі з поверхневих джерел, значно віддалених від сільських населених пунктів. (рис.1).

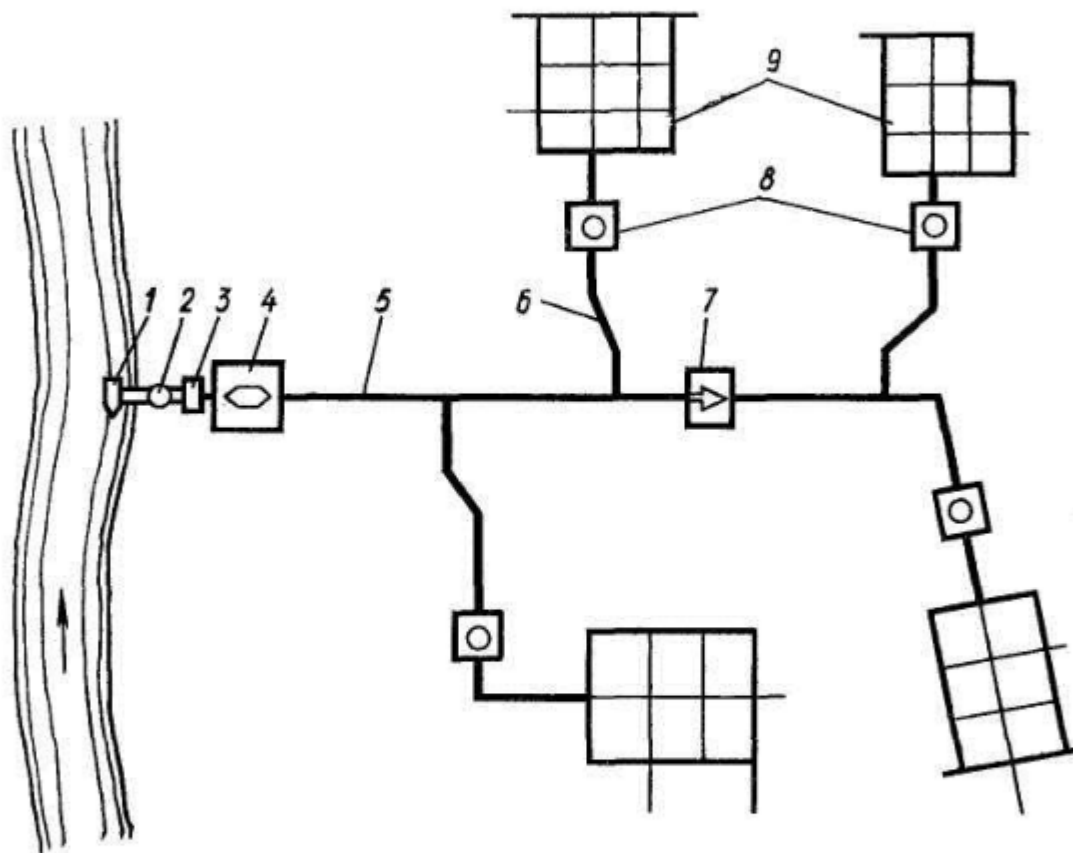


Рис.1. Принципова схема групового водопроводу:

- 1 – водоприймальний оголовок; 2 – береговий колодязь; 3 – насосна станція I підняття; 4 – майданчик очисних споруд і насосної станції II підняття;
- 5 – магістральний водовід; 6 – розвідний водовід; 7 – насосна станція III підняття; 8 – рекупераційний вузол; 9 – розвідна мережа

Головні споруди такого водопроводу розраховують на сумарну витрату води всіма її споживачами. Вода з багатоводного поверхневого джерела (річка, озеро, водосховище) надходить у водоприймальний оголовок звідки по водоводах стікає у береговий сітчастий колодязь, з якого забирається насосами I підняття і подається на водоочисну станцію для очищення і

зnezаражування. Чиста вода надходить у підземні резервуари, з яких насосами II підняття по магістральному водоводу подається у розвідну мережу. З метою підвищення напору в системі для віддалених споживачів споруджують насосні станції III, IV підняття, що залежить від довжини магістрального водоводу і рельєфу місцевості.

По розвідних водоводах вода подається до водопровідної мережі через рекуперативні вузли, які підвищують надійність водопостачання при великій різниці тиску у магістральних водоводах і розвідних мережах об'єктів водопостачання [1]. У підземних резервуарах таких вузлів зберігаються регульовальні, протипожежні та аварійні запаси води. На випадок аварії на магістральному водоводі, відсутності тиску чи у разі виникнення пожежі автоматично включається насос, що знаходиться у цьому вузлі, і споживачі забезпечуються розрахунковими витратами води.

Недоліками централізованої системи водопостачання (ЦСВ) для групових водопроводів є велика вартість споруд та значні експлуатаційні витрати, обумовлені необхідністю видаляти з води велику кількість забруднень з подальшою обробкою утвореного осаду. Крім того, на водоочисній станції воду для всіх потреб очищують до якості питної в умовах, коли її витрачається для питних потреб не більше 10...15%.

З метою ресурсозбереження задачу забезпечення високої якості питної води при зменшенні загальної вартості системи водопостачання з поверхневих водних джерел і питомої вартості очищеної води можна вирішити в децентралізованих господарсько-питних водопроводах (ДГПВ) шляхом розподілення очищеної води на технічну і питну (рис. 2).

В таких водопроводах [1] вихідна вода з поверхневих водних джерел засмоктується робочими насосами 3 через фільтрувальні оголовки 1 по всмоктувальних трубах 2 і подається по напірному водоводу 4 в мережу технічної води 10. У цю воду насосом-дозатором 5 з бака 6 трубопроводом 7 подається розчин гіпохлориту натрію для зnezараження води. Технічна вода доочищується до якості питної на локальних водоочисних установках 11 у місцях споживання питної води.

У період цвітіння води і розвитку водоростей органічні домішки окислюються при подачі розчину гіпохлориту натрію по трубопроводу 8. Втрати напору у фільтрувальному завантаженні оголовок контролюються за допомогою вакуумметра 22. При накопиченні осаду у фільтрувальних оголовках їх поперемінно промивають вихідною водою у зворотному порядку. Для цього відкривають засувку 16 або 17 і по трубопроводу 9 подають вихідну воду від другого насоса при закритих засувках відповідно 12 і 13 або 14 і 15.

Порівняно з традиційною технологією водопідготовки, яку нині застосовують в ЦСВ, технологія підготовки технічної води в ДГПВ дає можливість зменшити капітальні витрати на 30...35%, експлуатаційні витрати за рахунок збереження енергоресурсів, економії води та реагентів на 40...45%.

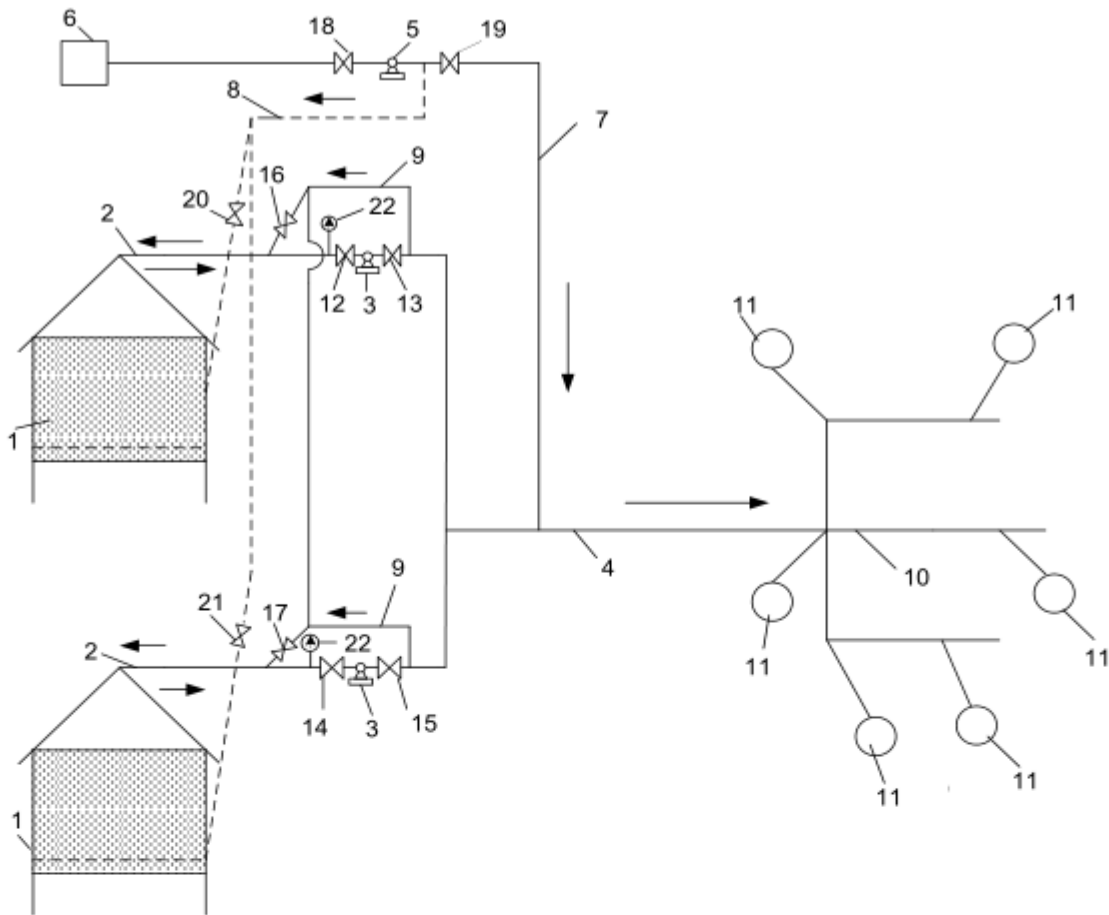


Рис. 2. Схема децентралізованого групового водопроводу:

1 – фільтрувальний оголовок; 2 – всмоктувальна труба; 3 – робочий насос; 4 – напірний водопровід; 5 – насос-дозатор; 6 – бак з розчином гіпохлориту натрію (РГН); 7 – подача РГН для знезараження води; 8 – те саме окислення органіки; 9 – подача промивної води; 10 – мережа технічної води; 11 – локальні водоочисні установки; 12 – 17 – засувки; 18 – 21 – вентилі; 22 – вакуумметр

У системах ДГПВ зменшується будівельна вартість головних споруд, оскільки на них ведуть підготовку лише технічної води, але зростає вартість локальних водоочисних установок при збільшенні їх кількості.

Оцінку економічної ефективності при реалізації проектів в умовах ринкової економіки слід визначати з урахуванням життєвого циклу капіталу, на основі комплексу показників, які визначаються залежно від стадії проекту та мети оцінки [2].

Основним серед них є чистий дисконтований дохід (ЧЧД), який визначається за формулою:

$$\text{ЧЧД} = \sum_{t=0}^T \frac{P_t}{(1+e)^t}, \quad (1)$$

де t – роки реалізації проекту ($t = 0 \dots T$); e – норма прибутку або коефіцієнт дисконтування; P_t – чистий грошовий потік у t -му році, який є різницею між сумою притоків (прибутків) Π_t і відтоків (затрат) V_t , що включають необхідні

для реалізації проектів капітальні і поточні (експлуатаційні) затрати без повторного врахування однакових витрат [2, п.3.12], тобто:

$$P_t = \Pi_t - B_t; \quad (2)$$

$$B_t = K_t + C_{m,t}, \quad (3)$$

де K_t – капітальні витрати у t -му році; $C_{m,t}$ – складові тарифу на воду, які включають такі витрати, що відрізняються в двох варіантах водопідготовки для систем ЦСВ і ДГПВ:

$$C_{m,t} = B_{a,t} + B_{en,t} + B_{zn,t} + B_{m,t} + B_{in,t}, \quad (4)$$

$B_{a,t}$ – амортизаційні відрахування; $B_{en,t}$ – вартість електроенергії на підняття і транспортування води, у тому числі промивку фільтрів; $B_{zn,t}$ – витрати на заробітну плату; $B_{m,t}$ – вартість матеріалів, що витрачаються на водопідготовку (коагулянти, флокулянти, знезаражуючі реагенти тощо); $B_{in,t}$ – інші відрахування.

Величина дисконтованого прибутку може визначатись за формулами:

а) для ЦСВ

$$P_{tl} = \sum_{t=0}^T \frac{W_{pt} C_{1,t}}{(1+e)^t}; \quad (5)$$

б) для ДГПВ

$$P_{tll} = \sum_{t=0}^T \frac{W_{pt} [(1-P)C_{2,t} + PC_{3,t}]}{(1+e)^t}, \quad (6)$$

де $W_{p,t}$ – реалізована кількість води за t -й рік, м³/рік; $C_{1,t}$ – тариф на питну воду в ЦСВ, грн/м³, у t -му році; $C_{2,t}$ – тариф на технічну воду в ДГПВ, грн/м³, у t -му році; $C_{3,t}$ – тариф на питну воду після водоочисних установок, грн/м³, у t -му році; P – середня величина споживання води питної якості, в долях від загального водоспоживання.

Норма прибутку або коефіцієнт дисконтування (e) – це процентна ставка, що характеризує відносні зміни в оцінці грошей за певний період (найчастіше – один рік). Саме поняття "дисконтування" пов'язано з нестабільною ціною грошей і означає зіставлення економічних показників різних років до однакового в часі виду. Так, сума грошей в момент їх вкладання у проект має більшу цінність, ніж у майбутньому або навпаки. В економічній практиці процеси дисконтування грошових потоків визначають величини процентних ставок і впливають на коригування початкових вкладів і доходів від реалізації проектів.

Норма прибутку (дисконту e) може прийматись рівною фактичній ставці відсотку за довгостроковими позичками на ринку капіталу або ставці відсотку, що сплачується одержувачем позики. Вона не повинна бути меншою

величини, нижче якої суб'єкту підприємницької діяльності не вигідно вкладати свої кошти в даний проект.

Строки реалізації проекту (T) визначаються умовами самого проекту. При реалізації інвестиційних коштів, коли інвестор зацікавлений в найшвидшому поверненні своїх вкладень і отриманні прибутку у визначений короткотривалий строк, це може становити кілька років.

Максимальну кількість установок, яку доцільно встановлювати на водопровідній мережі для додаткового очищення технічної води в системах ДГПВ можна визначити, прирівнюючи на кінець строку реалізації проекту T величини дисконтованого прибутку для ЦСВ і ДГПВ:

$$K_1 + \sum_{t=0}^T \frac{W_{pt} C_{1,t}}{(1+e)^t} = K_2 + n_{\max} K_y + \sum_{t=0}^T \frac{W_{pt} [(1-P)C_{2,t} + PC_{3,t}]}{(1+e)^t}, \quad (7)$$

де n_{\max} – максимальна кількість установок на водопровідній мережі; K_y – вартість однієї установки; K_1 і K_2 – будівельна вартість головної водоочисної станції, відповідно для ЦСВ і ДГПВ; C_1 , C_2 і C_3 – собівартість, відповідно очищеної води в ЦСВ, технічної і питної води.

Приймаючи орієнтовно для строку реалізації проекту T величини $W_{p,t}$ і e постійними ($W_{p,t} = \text{const}$ і $e = \text{const}$), після алгебраїчних перетворень рівняння (7) отримало вираз:

$$n_{\max} = \frac{\Delta K}{K_y} + \frac{TW_p(\Delta C_1 - P\Delta C_2)}{K_y(1+e)^T} = A + BC, \quad (8)$$

де $\Delta K = (K_1 - K_2)$ – зменшення будівельної вартості головної водоочисної станції в ДГПВ порівняно з ЦСВ; $\Delta C_1 = (C_1 - C_2)$ – зменшення собівартості технічної води в ДГПВ порівняно із собівартістю очищеної води в ЦСВ; $\Delta C_2 = (C_3 - C_2)$ – додаткові питомі витрати на доочистку технічної води до питної якості; A , B і C – параметри, що визначають вплив відповідно будівельної вартості водоочисних станцій, експлуатаційних витрат при їх використанні та строку реалізації проекту T з відповідним коефіцієнтом дисконтування e і визначаються за формулами:

$$A = \frac{\Delta K}{K_y}; \quad (9)$$

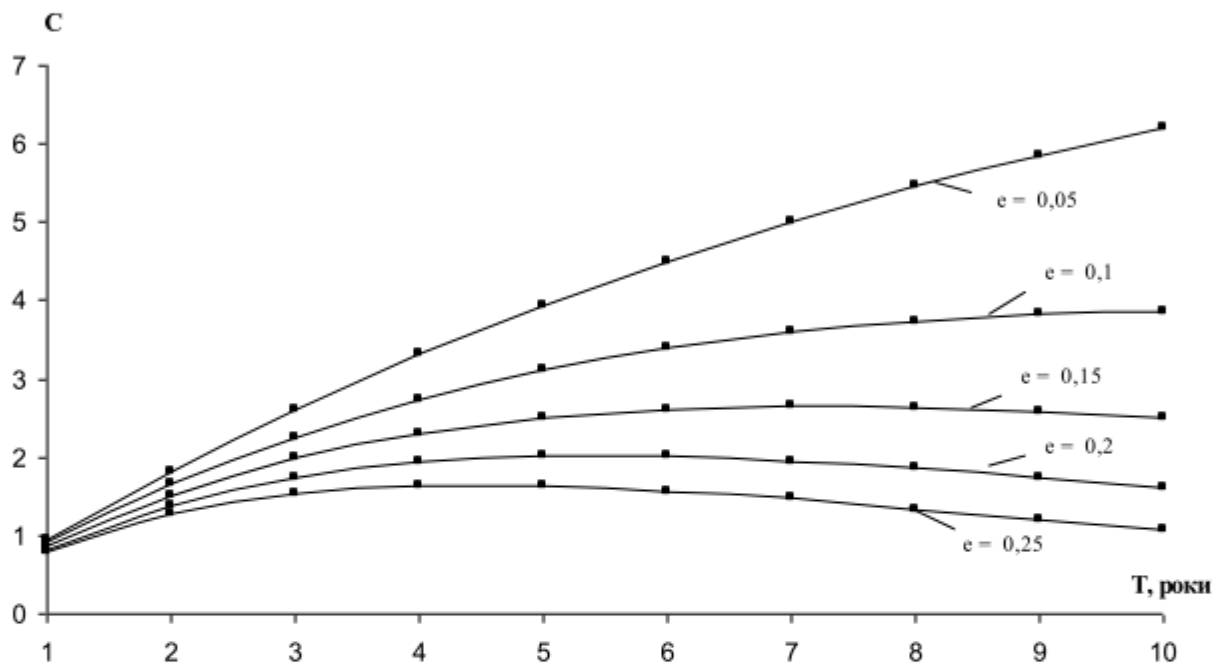
$$B = \frac{W_p}{K_y}(\Delta C_1 - P\Delta C_2); \quad (10)$$

$$C = \frac{T}{(1+e)^T}. \quad (11)$$

У табл. 1 наведено значення параметра C при зміні величин T і e . По даним цієї таблиці побудовано графіки $C = f(e; T)$, показані на рис. 3.

Значення параметра С за формулою (11)

К-т е	Параметр С для строку реалізації проекту Т									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0,05	0,95	1,82	2,6	3,31	3,94	4,5	5,01	5,46	5,86	6,2
0,1	0,91	1,65	2,25	2,73	3,11	3,39	3,59	3,73	3,82	3,86
0,15	0,87	1,52	1,98	2,3	2,5	2,61	2,65	2,64	2,58	2,5
0,2	0,83	1,39	1,74	1,93	2,01	2,01	1,95	1,86	1,74	1,62
0,25	0,8	1,28	1,54	1,64	1,64	1,57	1,47	1,34	1,21	1,07

Рис. 3. Графіки залежності $C = f(e; T)$

Аналіз функції (11) показав, що вона має екстремум C_{\max} при

$$T = \frac{1}{\ln(1+e)}. \quad (12)$$

Отже, параметр С буде мати максимальне значення при такому співвідношенні е і Т; наведеному в табл. 2.

Таблиця 2

е	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25
Т	20,5	10,5	7,15	5,5	4,5

Якщо $A = \text{const}$ і $B = \text{const}$, то максимальну кількість установок на водопровідній мережі слід визначати за формулою (8), користуючись виразами (11) і (12).

Висновок

У системах ДГПВ зменшується будівельна вартість головних споруд, але зростає вартість локальних водоочисних установок для доочищення технічної води до питної якості при збільшенні їх кількості. Максимальна кількість таких установок визначається за формулою (8), в якій параметр C слід визначати, користуючись виразами (11) і (12).

Список літератури

1. *Хоружий П.Д., Хомуцька Т.П., Хоружий В.П.* Ресурсозберігаючі технології водопостачання. – К.: Аграрна наука, 2008. – 534 с.
2. *Методика* визначення економічної ефективності витрат на наукові дослідження і розробки та їх впровадження у виробництво // Затверджена Мінекономіки та з питань європейської інтеграції та Мінфіном України 26.09.01, №218/446. – 32 с.