

DOI: <https://doi.org/10.31073/mivg202002-257>

Available at (PDF): <http://mivg.iwpim.com.ua/index.php/mivg/article/view/257>

УДК 631.674.5:631.171

ЕФЕКТИВНІСТЬ МОДЕРНІЗАЦІЇ ВНУТРІШНЬОГОСПОДАРСЬКОЇ ЗРОШУВАЛЬНОЇ МЕРЕЖІ ЗА ПРИНЦИПАМИ САМОРЕГУЛЮВАННЯ

В.М. Попов¹, докт. техн. наук, М.М. Таргоній², Н.В. Сорока³

¹ Інститут водних проблем і меліорації НААН України, 03022, м. Київ, Україна; <https://orcid.org/0000-0003-2024-0290>, e-mail: v_popov15@ukr.net;

² Інститут водних проблем і меліорації НААН України, 03022, м. Київ, Україна; <https://orcid.org/0000-0002-6200-7633>, e-mail: nick.tar91@ukr.net;

³ Інститут водних проблем і меліорації НААН України, 03022, м. Київ, Україна; <https://orcid.org/0000-0003-2868-1832>, e-mail: soroka1975@ukr.net

Анотація. Дослідження спрямовані на обґрунтування ефективності принципу саморегулювання на закритих зрошувальних системах (ЗС) з дощувальними машинами (ДМ) із застосуванням басейнів добового регулювання (БДР) та регуляторів тиску «до себе» при їх модернізації. Метою досліджень є зменшення енергоємності водоподачі на зрошення за збільшення коефіцієнтів завантаження насосів (K_{zn}) підкачувальних насосних станцій (ПНС) та розширення площ зрошення при модернізації і реконструкції закритих зрошувальних мереж (ЗМ). Створення саморегулювальних ЗС забезпечує зменшення випадкових збурень у вигляді дискретних змін об'ємних витрат води, створюваних насосними агрегатами (НА) ПНС, що дозволяє мінімізувати непродуктивні скиди води із розподільних каналів при управлінні міжгосподарським водорозподілом. Для обґрунтування ефективності саморегулювання застосовуються результати експериментальних досліджень, проведених у зоні дії розподільного каналу Р-1 з машинною водоподачею Каховської ЗС, що спрямовані на визначення гідравлічних характеристик існуючих ЗС, енергетичних характеристик НА ПНС. Наведено статистичні характеристики процесів водоподачі та електроспоживання на ЗС з ДМ від НС13-Р-1, яка обладнана чотирма НА марки 250QVD570-50 з діаметрами робочих коліс $D_{рк} = 540$ мм і приводними електродвигунами марки 1N435Z-4 потужністю 400 кВт. НС працює на ЗМ з ДМ «Фрегат» та системою краплинного зрошення і обслуговує двох водокористувачів на загальній площі 1036,0 га. Для визначення статистичних характеристик процесів водоподачі та електроспоживання використовуються графіки об'ємів води, перекачаної НС, та графіки електроенергії, що отримані із застосуванням лічильників електропроводобліку «ОРІОН-01», а також графіки планової водоподачі, побудовані за добовими заявками водокористувачів. Наведено логіко-математичну модель оперативного управління водоподачею на саморегулювальній ЗС із застосуванням БДР та регуляторів тиску до «себе». Обґрунтування ефективності управління водоподачею на модернізованій ЗС від НС13-Р-1 проведено із застосуванням математичної моделі. Доведено, що модернізація ЗС дозволяє зменшити енергоємність водоподачі за розширення площі зрошення та збільшення K_{zn} .

Ключові слова: саморегулювання, модернізація, закрита зрошувальна система, басейн добового регулювання, статистичні характеристики, процес водоподачі, насосний агрегат.

Актуальність. Створення саморегулювальних ЗС при їх модернізації і реконструкції із застосуванням БДР спрямоване на збільшення коефіцієнтів завантаження насосів (K_{zn}) підкачувальних насосних станцій (ПНС) та зменшення питомих витрат електроенергії на перекачування води ПНС; збільшення водозабезпеченості та розширення площ зрошення. Саморегулювальні ЗС забезпечують скорочення непродуктивних скидів води з розподільних каналів ЗС за зменшення збурень, створюваних НА ПНС.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Основною причиною нераціонального використання води та електроенергії на ЗС є

неузгодженість управління водорозподілом на відкритій міжгосподарській та закритій внутрішньогосподарській зрошувальній мережі [1; 2]. При проектуванні ЗС, для управління процесами водоподачі, водорозподілу та раціонального використання води на полях, передбачають автоматизацію ЗС, яка повинна забезпечувати найбільший техніко-економічний ефект у процесі їхньої експлуатації, максимальну відповідність між водоподачею і водоспоживанням [1].

Управління технологічними процесами водоподачі на ЗС повинно проводитись із застосуванням загальносистемних схем управління «за планом» або «за потребою» [3; 2],

а при реконструкції діючих ЗС, в першу чергу, розглядають варіанти загальносистемного управління технологічними процесами водоподачі «за планом» з застосуванням саморегулювальних ЗС. Для забезпечення саморегулювання використовують БДР витрат води, які облаштовують перед споживачем, включаючи водозабірну споруду з відкритого каналу, або за споживачем із інженерною системою повернення технологічних скидів в зрошувальну мережу. Корисний об'єм БДР визначають за статистичними закономірностями формування технологічних скидів води з розподільних каналів ЗС [4], або за коефіцієнтом використання робочого часу поливної техніки при поливі протягом доби [1].

За результатами енергоаудиту та експериментальних досліджень виявлено марнотратне споживання електроенергії на перекачування води НС–І Каховського магістрального каналу (КМК), зумовлене нетехнологічними скидами води з розподільного каналу Р-1 [5]. Встановлено, що за неузгодженості управління міжгосподарським водорозподілом та управління водоподачею на ЗЗС, що здійснюється за потребою водоспоживачів в межах оперативного плану добових заявок водокористування, об'єм нетехнологічних скидів води через кінцеву скидну споруду на каналі Р-1 складає близько 12% від об'єму води, перекачаної НС–І КМК [5].

Мета дослідження – обґрунтування ефективності модернізації ЗЗС за принципами саморегулювання, із застосуванням на внутрішньогосподарській зрошувальній мережі БДР із регуляторами тиску «до себе» гідравлічної або електричної дії для підвищення ефективності міжгосподарського водорозподілу та управління водоподачею на існуючих ЗС.

Матеріали і методи дослідження. Обґрунтування ефективності модернізації та реконструкції ЗЗС за принципами саморегулювання здійснюється на основі аналізу характеристик випадкових процесів водоподачі та електроспоживання, що отримані при проведенні експериментальних досліджень в зоні дії розподільного каналу Р-1 Каховської ЗС за методикою [6], а також за результатами математичного моделювання процесів управління водоподачею [7].

Для визначення статистичних характеристик процесів водоподачі та електроспоживання використовують графіки об'ємів води, перекачаної НС, та графіки електроенергії, що отримують із застосуванням лічильників електропроводобліку «ОРИОН-01» [8], вста-

новлених на НС, а також графіки планової водоподачі, побудовані за добовими заявками водокористування.

Результати дослідження та їх обговорення. Для зменшення енергоємності водоподачі та розширення площ зрошення запропоновано саморегулювальну ЗЗС з ДМ [9]. Принцип саморегулювання реалізується шляхом використання на ЗЗМ БДР з регулятором тиску «до себе». Регулятор тиску встановлено на допоміжному трубопроводі, що з'єднує розподільний трубопровід ЗЗМ з БДР. З регулювального басейну вода подається до додаткової зрошуваної ділянки самопливно, дизельним НА, а при застосуванні сонячної електростанції – електронасосним агрегатом. Регулятор тиску стабілізує напір у розподільному трубопроводі ЗЗМ, який задають за балансу витрат води на ЗЗС у відповідності з добовою заявкою водокористувача.

При управлінні машинною водоподачею визначають напір за допомогою датчика тиску та об'ємну витрату води за ультразвуковим витратоміром-лічильником на виході з ПНС. За отриманою інформацією визначають відповідність об'ємних витрат води, створюваних НА ПНС, добовій заявці водокористувача.

Логіко-математична модель оперативного управління водоподачею на модернізованій саморегулювальній ЗЗС з БДР має вигляд:

$$f = Q_{НС} \geq \frac{1}{\eta} \sum_{i=1}^n q_i \cap E \geq e_B \sum_{j=1}^n W_j \cap H_K \geq \geq H_p \cap K_{zn} \geq 0,8 \cap W_p \geq \frac{m \cdot S}{T}, \quad (1)$$

де f – технологічна умова; \cap – символ логічного множення; $Q_{НС}$ – загальна продуктивність НС; η – ККД ЗЗМ; q_i – витрати i -ї ДМ; E – план витрат електроенергії на перекачування води НС зрошувальної системи; e_B – загальновиборнича норма питомих витрат електроенергії на перекачування води НС [10]; W_j – об'єм води, перекачаної НС; H_K – напір води в колекторі підкачувальної НС; H_p – розрахунковий напір для забезпечення надійної роботи ДМ на ЗЗМ; K_{zn} – коефіцієнти завантаження насосів; W_p – об'єм регулювальної ємності БДР, тис.м³; S – додаткова площа зрошення, що здійснюється від БДР, га; m – зрошувальна норма, тис м³/га; T – тривалість вегетаційного періоду, діб.

$$\overline{K_{zn}} = \frac{\overline{Q}}{Q_n}, \quad (2)$$

де \overline{Q} – фактичне середнє значення подачі насоса, тис. м³/год; Q_n – паспортне (номінальне) значення подачі насоса, тис. м³/год.

Напір насосів визначають за формулою:

$$H_k = H_r + h_v + H_B, \text{ м} \quad (3)$$

де H_r – геометричний (статичний) напір, який визначають за топографічними умовами території; h_v – динамічний напір визначається гідравлічними втратами напору по довжині трубопроводів та місцевими втратами; H_B – вільний напір на гідранті ДМ.

При модернізації та реконструкції гідравлічні характеристики ЗЗМ отримують за методикою [6]. В разі застосування безтраншейної технології ремонту старих трубопроводів із використанням тонкостінних поліетиленових труб застосовують рекомендації щодо різниці втрат напору в сталевих та поліетиленових трубопроводах [11].

НС13-Р-1 обладнана чотирма НА марки 250QVD 570–50 з діаметрами робочих коліс $D_{рк} = 540$ мм і приводними електродвигунами марки 1N435Z-4 потужністю 400 кВт. НС працює на ЗЗМ із ДМ «Фрегат» та системою краплинного зрошення і обслуговує двох водокористувачів на загальній площі 1036,0 га. Кількість працюючих на ЗЗС ДМ «Фрегат» становить – 14. Схема ЗЗС наведена на рис. 1.

Отримані статистичні характеристики процесів водоподачі свідчать, що фактичні об'єми води, поданої на зрошення, суттєво відрізняються від планових значень, визначених за добовими заявками водокористувачів [5; 12]

Загальний об'єм води, перекачаної НС13-Р-1 за період спостережень із 30.07.09 до 02.09.09, складає 810,37 тис. м³. Плановий об'єм водоподачі за заявками водокористувачів становить 939,6 тис. м³. Середнє добове відхилення об'єму води, перекачаної НС13-Р-1, від планового значення становить: $W_p = 3,92$ тис. м³. Кількість працюючих НА за період спостережень змінювалась від одного до чотирьох.

Гістограми зміни об'ємних витрат води при одночасній роботі трьох і чотирьох НА НС13-Р-1, які побудовано за даними інформаційної системи електроводообліку «Оріон-01», наведено на рис. 2.

Для забезпечення добової заявки водокористувача на полив із застосуванням дванадцяти ДМ «Фрегат» на НС13-Р-1 працює три НА із загальною об'ємною витратою $Q = 960$ л/с (рис. 2а). За поданої заявки, на ЗЗМ повинно працювати дванадцять ДМ «Фрегат». Проте, з ймовірністю $P(Q) = 0,96$ на ній одночасно працює від одинадцяти до дев'яти ДМ, а середнє добове відхилення об'єму води, перекачаної НС13-Р-1, від планового значення становить: $W_p = 4,4$ тис. м³.

За добової заявки водокористувача $Q = 1200$ л/с, тобто на подачу води із застосуванням чотирнадцяти ДМ, на НС13-Р-1 повинно працювати чотири НА (рис. 2б). З ймовірністю $P(Q) = 0,953$ на ЗС працює від 14 до 11 ДМ, а середнє добове відхилення



Рис. 1. Схема ЗЗС від НС 13-Р-1

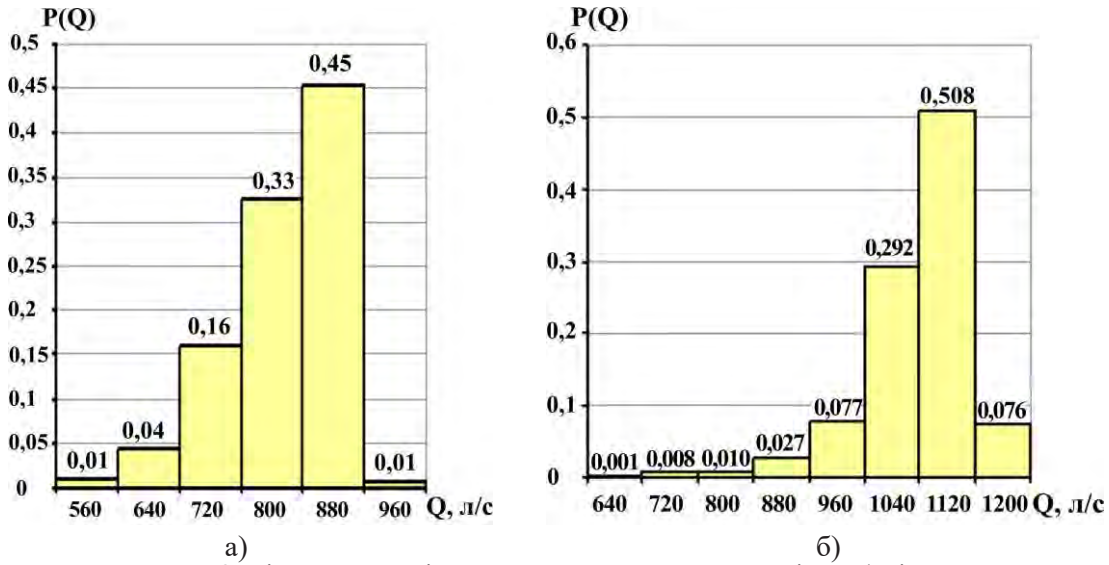


Рис. 2. Гістограми зміни витрат води при одночасній роботі трьох (а) і чотирьох (б) агрегатів на НС13-Р-1

об'єму води, перекачаної НС13-Р-1, від планового значення за заявкою водокористування, складає: $W_p = 10,6$ тис m^3 .

Графіки зміни K_{zn} , залежно від кількості одночасно працюючих НА на НС13Р-1, що отримані через кожні 15 хв. за системою електропроводобліку «ОРІОН-01», представлено на рис. 3. Наведений графік $K_{zn}(t)$ характеризує динамічність процесів машинної водоподачі на існуючих ЗЗС.

Збурення, що виникають на водозаборах ПНС, суттєво ускладнюють управління міжгосподарським водорозподілом, призводять до виникнення скидів води з розподільних

каналів та марнотратного споживання електро-енергії головними водозабірними НС [5].

Для оперативного управління водоподачею на модернізованій ЗЗС з БДР вимірюють напір і витрату води на виході із ПНС, тиск води в розподільному трубопроводі ЗЗМ в місці під'єднання регулятора тиску «до себе», а також рівень води в регульовальному басейні.

Обґрунтування ефективності управління водоподачею на модернізованій ЗЗС з БДР із корисним об'ємом $W_p = 10$ тис m^3 проводять із застосуванням математичної моделі, створеної в середовищі MATLAB/Simulink [7]. При моделюванні параметри

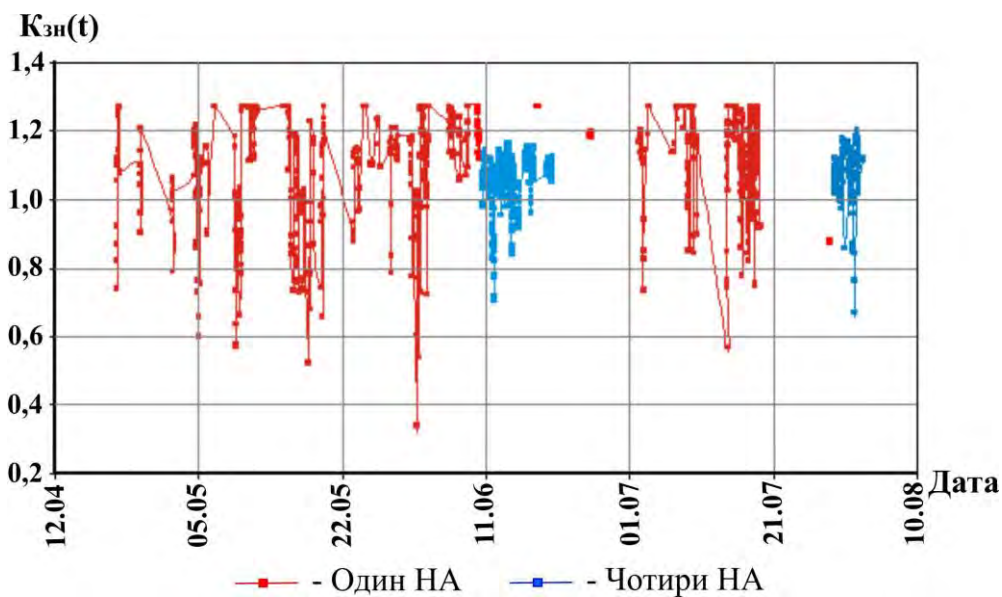


Рис. 3. Графіки зміни K_{zn} , залежно від кількості одночасно працюючих НА марки 250QVD 570–50 на НС13-Р-1

моделі регулятора тиску типу РДУ-200 отримують за його витратно-напірною характеристикою [13]. Модель БДР представляють блоком інтегратора з коефіцієнтом передачі, який змінюється залежно від площі водної поверхні басейну.

Фрагмент математичної моделі кінцевої частини ЗЗМ, до якої під'єднано БДР, наведено на рис. 4.

Основні техніко-енергетичні показники оцінки ефективності існуючого управління водоподачею на ЗЗС від НС 13-Р-1 (варіант 1) та управління водоподачею на саморегульованій ЗЗС (варіант 2) наведено у таблиці 1.

Висновки. Доведена ефективність створення саморегульованих ЗЗС з ДМ із використанням на них БДР з регуляторами тиску «до себе». Модернізація і реконструкція ЗЗС за принципами саморегулювання забезпечує: розширення площ зрошення, зменшення енергоємності водоподачі, узгодження управління водорозподілом на відкритій міжгосподарській та закритій внутрішньогосподарській зрошувальній мережі, що дозволяє мінімізувати нетехнологічні скиди води з розподільних каналів та унеможливити марнотратне витрачання електроенергії на її перекачування головними водозабірними НС.

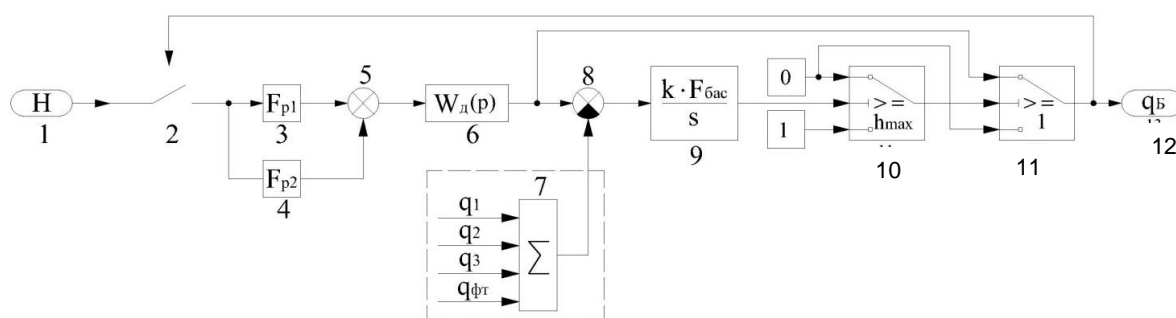


Рис. 4. Фрагмент математичної моделі кінцевої частини ЗЗМ з БДР

1 – вхідний сигнал (напір води в кінцевій частині розподільного трубопроводу, м);
2 – ключ (засувка); 3, 4 – напірні характеристики гідравлічних регуляторів тиску;
5, 7, 8 – суматори; 6 – передавальна функція, що характеризує динаміку зміни тиску в трубопроводі; 9 – модель БДР; 10, 11 – логічні ключі; 12 – вихідний сигнал (витрата води, що надходить до БДР); q_i – об'ємна витрата води поливної техніки на додатковій зрошувальній ділянці; $q_{фт}$ – втрати води на фільтрацію та випаровування з БДР

1. Техніко-енергетичні показники оцінки ефективності управління водоподачею на існуючій та модернізованій ЗЗС

Техніко-енергетичні показники оцінки ефективності управління водоподачею	Управління водоподачею	
	варіант 1	варіант 2
Середньозважений напір на виході із НС, м	94,3	89,7
Об'єм перекачаної води за добу, тис.м ³	63,75	70,84
Добове споживання електроенергії, кВт·год	21290	22187
Площа зрошення, га за $m = 3,5$ тис.м ³ /га	1036	1376
Питомі витрати електроенергії на перекачування води, кВт·год/тис. м ³	333,9	313,2
Питомі витрати електроенергії на зрошення, кВт·год/га	20,55	16,12

Бібліографія

- ДБН В.2.4-1-99. Меліоративні системи та споруди. Київ: Держбуд України, 2000. 199 с. (Державні будівельні норми).
- Коваленко П.И. Автоматизация мелиоративных систем. Москва: Колос, 1983. 304 с.
- особие к СНиП 2.06.03-85. Автоматизация водоподачи и водоотведения на мелиоративных системах. Москва: «СОЮЗВОДПРОЕКТ», 1989. 113 с.
- Коваленко П.И., Михайлов Ю.О. Рациональное использование воды на мелиоративных землях. Київ: Урожай, 1986. 186 с.
- Коваленко П.И., Попов В.М. Управление водорозподільними системами за принципами ресурсо- та енергозаощадження. Київ: Аграрна наука, 2011. 368с.
- Методологія експериментальних досліджень на закритих зрошувальних системах / Попов В.М. та ін. //Вісник НУВГП. 2016 Вип. 4(76): Технічні науки. С. 10–30.

7. Попов В.М., Таргоній М.М. Математична модель автоматизованого управління водоподачею на зрошувальній системі // Вісник НУВГП. 2019. Вип. 3(87). Технічні науки. С. 28–38.
8. Правила експлуатації лічильників багатоканальних для обліку води на насосних станціях за спожитою електроенергією «ОРИОН-01». Київ: Держводгосп України, 2009. 41 с.
9. Зрошувальна система: пат. 120012 Україна. № u 201701190; заявл. 09.02.2017; опубл. 25.10.2017, Бюл. № 20.
10. Попов В.М. Нормування питомих витрат електроенергії на перекачування води насосними станціями. Методичні вказівки: ВНД 33-3.1-08-2004. Київ: Держводгосп України, 2004. 30 с.
11. Коваленко П.І., Гринь Ю. І. Модернізація та реконструкція внутрішньогосподарських зрошувальних систем // Вісник аграрної науки. 2004. Вип.7. С.53–56.
12. Попов В.М. Характеристики випадкового процесу водоподачі у зрошенні // Вісник аграрної науки. 2002. Вип. 8. С. 55–58.
13. Правила применения регулирующей и предохранительной арматуры мембранного типа при проектировании закрытых оросительных систем. Киев: Министерство мелиорации и водного хозяйства УССР, 1984. 66 с.

References

1. Melioratyvni systemy ta sporudy. [Reclamation systems and structures]. (2000). DBN V.2.4-1-99. State Building Standards of Ukraine. Kyiv: Derzhbud Ukrainy. [in Ukrainian]
2. Kovalenko, P.Y. (1983). Avtomatyzatsyya melyoratyvnykh system. [Automation of reclamation systems]. Moskva: Kolos. [in Ukrainian]
3. Avtomatyzatsyya vodopodachy y vodootvedenyaya na melyoratyvnykh systemakh. [Automation of water supply and drainage on reclamation systems]. (1989). Posobyе k SNyP 2.06.03-85. Moskva: «SOYUZVODPROEKT».
4. Kovalenko, P.I., & Mykhaylov, Y.O. (1986). Ratsionalne vykorystannya vody na melioratyvnykh zemlyakh. [Rational use of water in reclamation lands]. Kyiv: Urozhay. [in Ukrainian]
5. Kovalenko, P.I., & Popov, V.M. (2011). Upravlinnya vodorozpodilnymy systemamy za pryntsyepamy resurso- ta enerhozaoshchadzhennya. [Management of water distribution systems on the principles of resource and energy saving]. Kyiv: Ahrarna nauka. [in Ukrainian]
6. Popov, V.M., Vnukova, K.V., Tarhoniyy, M.M., Soroka, N.V., & Shlikhta, V.V. Metodolohiya eksperymentalnykh doslidzhen na zakrytykh zroshuvalnykh systemakh (2016). [Methodology of experimental studies on closed irrigation systems]. Visnyk Natsionalnoho universytetu vodnoho hospodarstva ta pryrodokorystuvannya, 4(76), 10–30. [in Ukrainian]
7. Popov, V.M. & Tarhoniyy, M.M. (2019). Matematychna model avtomatyzovanoho upravlinnya vodopodacheyu na zroshuvalniy systemi [Mathematical Model of Automated Water Supply Management on Irrigation System]. Visnyk Natsionalnoho universytetu vodnoho hospodarstva ta pryrodokorystuvannya, 3(87), 28–38. [in Ukrainian]
8. Pravyla ekspluatatsiyi lichylnykiv bahatokanalnykh dlya obliku vody na nasosnykh stantsiyakh za spozhytoyuu elektroenerhiyeyu “ORION-01” [Rules of operation of multichannel meters for metering of water at pumping stations for consumed electricity “ORION-01”]. (2009). Kyiv: Derzhvodhosp Ukrayiny. [in Ukrainian]
9. Popov, V.M., Tarhoniyy, M.M. (2017). Zroshuvalna systema [Irrigation system]. Patent of Ukraine. №120012. [in Ukrainian]
10. Popov, V.M. (2004). Normuvannya pytomoyi elektroenerhiyi na perevedenni vodyanykh nasosnykh stantsiy. [Normalization of specific costs of electricity for pumping water by pumping stations]. Metodychni vказivky: VND 33-3.1-08-2004. Kyiv: Derzhvodhosp Ukrayiny. [in Ukrainian]
11. Kovalenko, P.I., & Hryn, Y.I. (2004). Modernizatsiya ta rekonstruktsiya vnutrishnobudivnykh system ekonomiky [Modernization and Reconstruction of Domestic Irrigation Systems]. Visnyk ahrarnoyi nauky, 7, 53–56. [in Ukrainian]
12. Popov, V.M. (2002). Kharakterystyky toho samoho protsesu vodopodachy y zrosheni [Characteristics of a random irrigation water supply process]. Visnyk ahrarnoyi nauky, 8, 55–58. [in Ukrainian]
13. Pravyla priminenia rehulyovalnoyi i predokhranytelnoyi armatury membrannogo tipa pri proekirotvannii zakrytykh orositelnykh system. [Rules of application of regulating and safety armature of membrane type in the design of closed irrigation systems]. (1984). Kyiv: Mnisterstvo melioratsiyi i vodnogo khozyaystva USSR. [in Russian]

В.Н. Попов, Н.Н. Таргоний, Н.В. Сорока

Эффективность модернизации внутрихозяйственной оросительной сети по принципу саморегулирования

Аннотация. Исследования направлены на обоснование эффективности принципа саморегулирования на закрытых оросительных системах (ЗОС) с дождевальными машинами (ДМ) с применением бассейнов суточного регулирования (БСР) и регуляторов давления «до себя» при их модернизации. Создание саморегулируемых ЗОС обеспечивает уменьшение случайных возмущений в виде дискретных изменений объемного расхода воды, создаваемого насосными агрегатами (НА) ПНС, что позволяет минимизировать непроизводительные сбросы воды с распределительных каналов при управлении межхозяйственным водораспределением. Для обоснования эффективности саморегулирования применяются результаты экспериментальных исследований, проведенных в зоне действия распределительного канала Р-1 с машинной водоподачей Каховской ОС, направленные на определение гидравлических характеристик существующих ЗОС, энергетических характеристик НА ПНС. Приведены статистические характеристики процессов водоподачи и электропотребления на ЗОС с ДМ от НС13-Р-1, которая оборудована четырьмя НА марки 250QVD570-50 с диаметрами рабочих колес $D_{рк} = 540$ мм и приводными электродвигателями марки 1N435Z-4 мощностью 400 кВт. НС работает на ЗОС с ДМ «Фрегат» и системой капельного орошения на общей площади 1036,0 га. Для определения статистических характеристик процессов водоподачи и электропотребления используются графики объемов воды, перекачанной НС, и графики электроэнергии, полученные с применением счетчиков электроводоучета «ОРИОН-01», а также графики водоподачи, построенные по суточным заявкам водопользования. Представлена логико-математическая модель оперативного управления водоподачей на саморегулируемых ЗОС с применением БДД и регуляторов давления до «себя». Обоснование эффективности управления водоподачей на модернизированной ЗОС проведено с применением математической модели. Доказано, что модернизация ЗОС позволяет уменьшить энергоемкость водоподачи путем расширения площади орошения и увеличения $K_{зн}$.

Ключевые слова: саморегулирование, модернизация, закрытая оросительная система, бассейн суточного регулирования, статистические характеристики, водоподача, насосный агрегат.

V.M. Popov, M.M. Targoniya, N.V. Soroka

The efficiency of modernization of the on-farm irrigation network based on the principle of self-regulation

Abstract. The research is aimed at substantiating the effectiveness of the principle of self-regulation on closed irrigation systems (CIS) with sprinkling machine (SM) with the use of daily regulation pools (DRP) and “pull” pressure regulators when modernizing them. The aim of the research is to reduce the energy intensity of water supply for irrigation by increasing pump load rates (PLR) of pumping stations (PS) and expanding the area of irrigation when modernizing and reconstructing closed irrigation networks (CIS). The construction of self-regulating CIS reduces accidental disturbances in the form of discrete changes in volumetric water flow rates generated by pumping units (PU) of PS, which minimizes unproductive discharges of water from distribution canals when performing inter-farm water distribution. To substantiate the effectiveness of self-regulation, the results of experimental studies conducted in the operating area of the distribution canal R-1 with machine water supply of Kakhovska Irrigation System, aimed at determining the hydraulic characteristics of existing CIS, energy characteristics of PU of PS. Statistical characteristics of water supply and power consumption processes on CIS equipped with SM from the PS13-R-1, which is equipped with four PU of 250QVD570-50 brand with diameters of rotor wheels $D_{rw} = 540$ mm and drive motors of 1N435Z-4 brand with a capacity of 400 kW. PS operates on the CIS equipped with SM “Frigate” and drip irrigation system and serves two water users on a total area of 1036, 0 hectares. To determine the statistical characteristics of the processes of water supply and power consumption, the graphs of pumped water volumes and the graphs of electricity obtained using electricity meters “ORION-01”, as well as the graphs of planned water supply, built on daily applications for water use, are used. The logical-mathematical model of operative control of water supply on self-regulating CIS with application of DRP and “pull” pressure regulators is given. The substantiation of the efficiency of water supply management on the modernized CIS from PS13-R-1 was carried out using a mathematical model. It was proved that the modernization of the CIS enables to reduce the energy consumption of water supply by expanding the irrigation area and increasing PLR.

Key words: self-regulation, modernization, closed irrigation system, daily regulation pool, statistical characteristics, water supply process, pump unit.