

В.О. ОРЛОВ, доктор технічних наук  
В.О. ЗОЩУК, кандидат технічних наук  
С.О. ЯЦУНОВ, аспірант

Національний університет водного господарства та природокористування,  
м.Рівне

## ГІДРОАВТОМАТИЧНІ ПІНОПОЛІСТИРОЛЬНІ ФІЛЬТРИ

*Наводяться результати досліджень функціонування системи гідроавтоматичного переведення пінополістирольного фільтра для знезалізнення води з режиму фільтрування в режим промивки і навпаки, розробляється методика розрахунків по визначенню основних конструктивних розмірів фільтра і промивного сифона.*

**Ключові слова:** аерація, гідроавтоматичний пінополістирольний фільтр, гідрозатвор, знезалізнення, сифон, фільтрування.

*Приводятся результаты исследований функционирования системы гидроавтоматического перевода пенополистирольного фильтра для обезжелезивания воды из режима фильтрации в режим промывки и наоборот, разрабатывается методика расчетов по определению основных конструктивных размеров фильтра и промывочного сифона.*

**Ключевые слова:** аэрация, гидроавтоматический пенополистирольный фильтр, гидрозатвор, обезжелезивания, сифон, фильтрование.

*Results of hydroautomatical cellular polystyrene filter system transferring for iron disintegration of water from filtration condition to washing out condition and vice versa are given, estimation methods of distinguishing basic constructive sizes of filters and washing siphoning are worked out.*

**Keywords:** aeration, hydro foam filter, water seal, iron removal, siphon, filtration.

**Спрощення експлуатації і підвищення надійності роботи водоочисних фільтрів** забезпечується автоматизацією процесів їх роботи. Практика застосування гідроавтоматичних фільтрувальних водоочисних споруд показала значний техніко-економічний ефект [1, 131; 2, 122] особливо при використанні пінополістирольних фільтрів, які запропоновані в Українському інституті інженерів водного господарства (зараз Національний університет водного господарства та природокористування) В.Г.Ільним, С.І.Морозом, І.А.Гетьманом (авторське свідоцтво 192756/1043439 від 15 грудня 1965 року “Фільтр для очищення води”).

**Фільтри з плаваючою пінополістирольною засипкою** досліджувались науково-дослідними і навчальними інститутами міст Києва, Москви, С-Петербурга, Кишинєва, Харкова та інших. На кафедрі водопостачання та бурової справи НУВГП починаючи з 1964 р. [5,12] проводились експериментальні пошукові дослідження гідроавтоматичних фільтрувальних установок для очищення води від заліза, в яких закінчення фільтроциклу передбачається досягненням граничних втрат напору.

**На першому етапі** [5,12 ;3,72] досліджувались фільтри з піщаною засипкою, які мали систему спрощеної аерації, промивний сифон з гідрозатвором, промивним баком та механічним клапаном. Вони були складні за конструкцією і не достатньо надійні через можливі відмови механічного клапана. Значно спростилась система гідроавтоматики при заміні піщаного фільтра на пінополістирольний з відмовою від механічного клапана [4,136]. Переведення установки в режим промивки в кінці кожного фільтроциклу відбувався в результаті включення промивного сифона вихідною водою при досягненні у фільтраційній засипці граничної величини втрат напору. При цьому на кінці промивного сифона встановлюється гідрозатвор. Пропонується використовувати гідрозатвор циліндричної або конічної форми і з сифоном спорожнення, з додатковою імпульсною трубкою, гідрозатвор у вигляді труби з двома перегинами, яка водночас виконує функцію гідравлічного затвора (нижній перегин), тобто утворення допоміжного імпульсного сифона. Зарядка сифона починається тоді, коли швидкість руху води в його низхідній гілці досягає певної критичної величини [3,121]. В більшості випадків перед включенням промивного сифону спостерігається тривала пульсація води на виході із сифона.

**Метою досліджень** було скорочення часу “зарядки” промивного сифона під час включення установки в режим промивки та зведення до мінімуму витрат води на власні потреби установки, розробка методики розрахунку гідроавтоматичних установок із врахуванням пульсаційних витрат води, швидкості фільтрування, інтенсивності промивки, конструктивних особливостей установки.

**Результати досліджень** наведені в даній роботі. Дослідження проводились на експериментальній установці, яка включала пінополістирольний фільтр діаметром 200мм, повітрявідділювач, промивний сифон з різними типами гідрозатворів, систему бачків з модельними розчинами, що дозволяли імітувати процес знезалізнєння води з рівними якісними показниками води. Результати досліджень по співставі умов зарядки промивного сифона з імпульсною трубкою та без неї наведені на рис.1.

В обох випадках при досягненні граничних втрат напору починається пульсація води на виході із імпульсного сифона, яка збільшується з часом, проте швидкість фільтрування поступово зменшується (рис. 2). При досягненні певних величин цих витрат починається промивка, інтенсивність промивки спочатку більша і поступово зменшується до кінця промивки. Така залежність спостерігалась у всіх дослідках із різною швидкістю фільтрування.

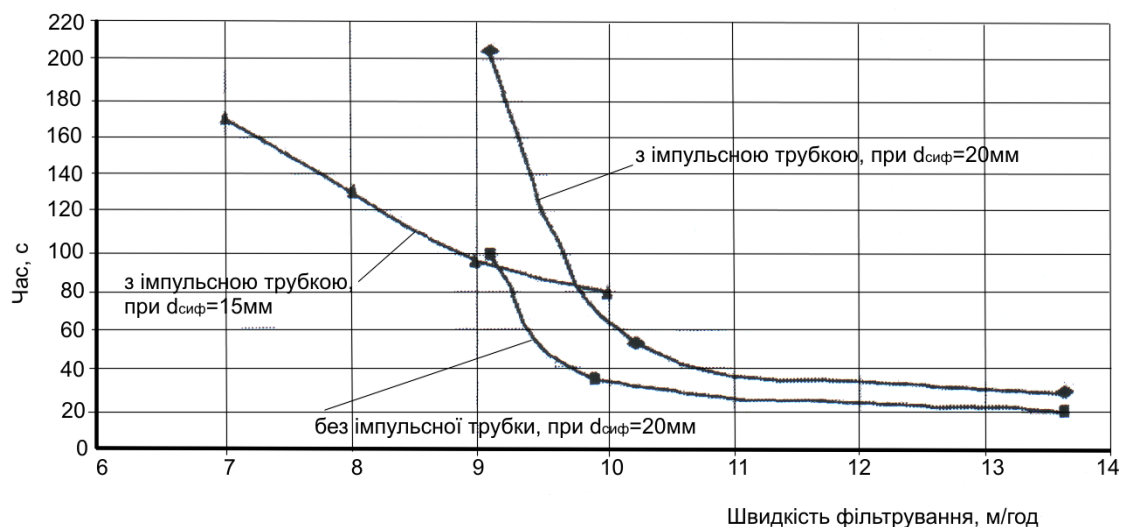


Рис.1. Залежність часу зарядки промивного сифона від швидкості фільтрування та конструктивних особливостей установки

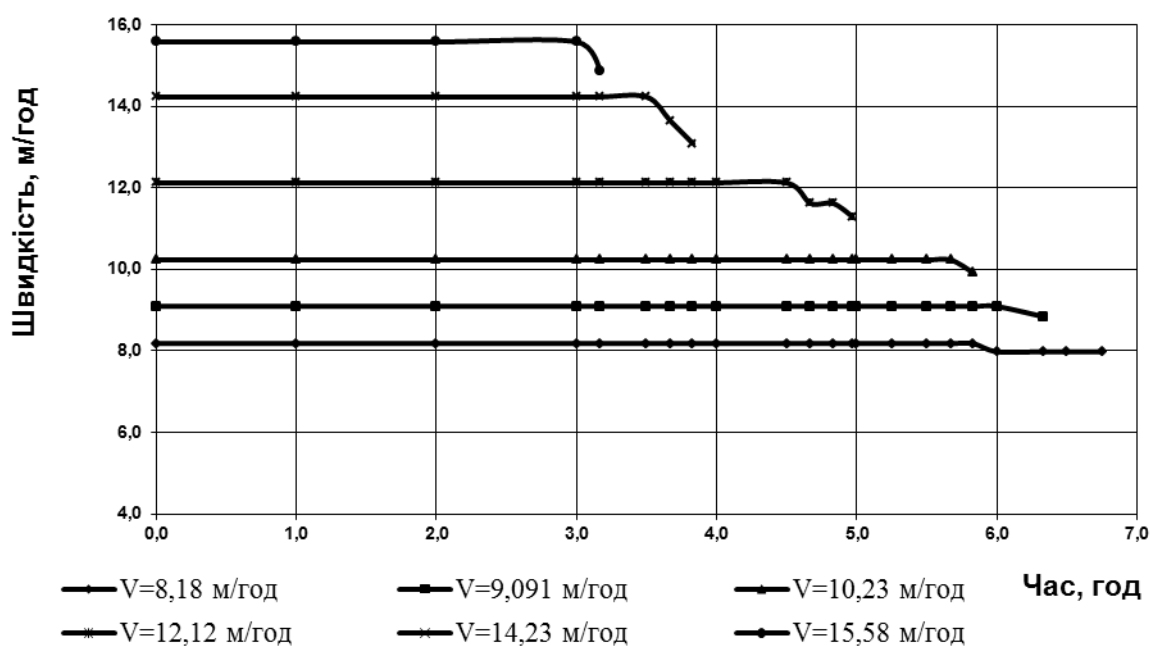


Рис. 2. Графік зміни швидкості фільтрування з часом

Для обох типів установок із збільшенням швидкості спостерігались менші витрати води на власні потреби та швидше заряджався промивний сифон, при цьому без імпульсної трубки зарядка проходила швидше. При збільшенні швидкості фільтрування, відповідно, зменшується тривалість сталого режиму фільтрування. Тобто швидкість фільтрування під час пульсації в середньому зменшується на 3...4%.

Графік зміни тривалості пульсації від швидкості фільтрування наведений на рис. 3. З графіка видно, що тривалість пульсації зменшується при більших швидкостях фільтрування, тобто чим більша швидкість

фільтрування, тим менша тривалість пульсації. На тривалість пульсації впливає також висота імпульсного сифона. В процесі досліджень встановлювалась різна висота гідрозатвора і, в залежності від неї, при однакових режимах фільтрування встановлювалась тривалість пульсації і витрати води на власні потреби (рис. 4). Час зарядки сифона залежить від висоти підняття гідрозатвора, однак, чим нижча швидкість фільтрування, тим довший фільтроцикл.

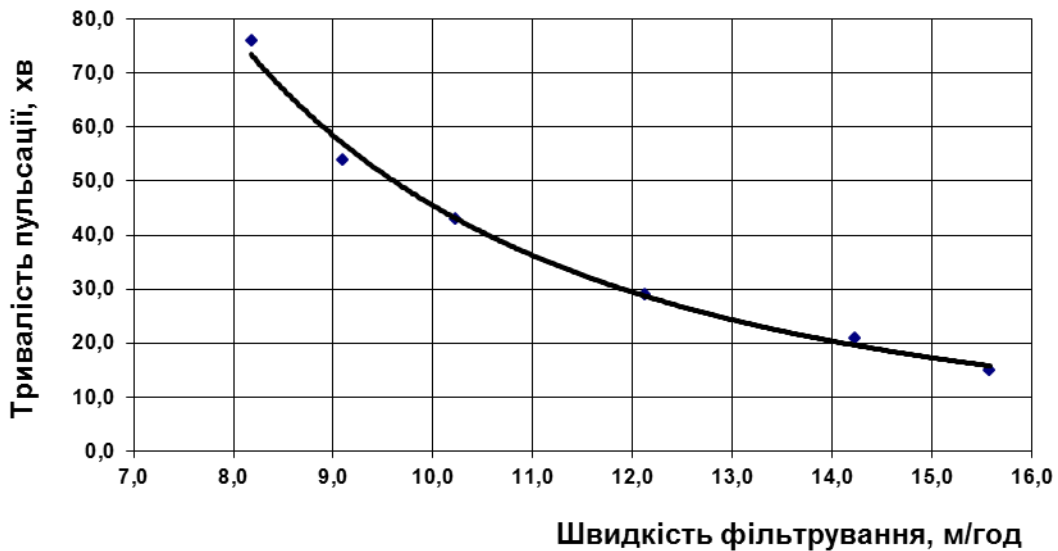


Рис. 3. Графік зміни тривалості пульсації від швидкості фільтрування

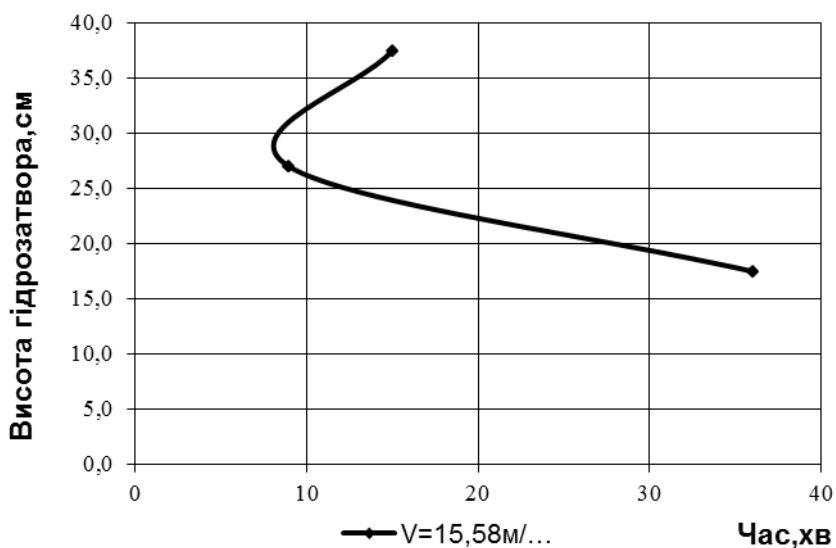


Рис. 4. Графік залежності тривалості пульсації від висоти гідрозатвора

При однаковій висоті гідрозатвора, але різних швидкостях фільтрування, граничні втрати напору, при яких фільтрувальна установка переходить в режим промивки, однакові.

Чим менша швидкість фільтрування, тим довша тривалість пульсації. Тривалість промивки при різних швидкостях фільтрування була однаковою і

складала 6...8 хвилин. Під час пульсації витрати води, в перерахунку на інтенсивність промивки, були незначні і становили 0,1...0,3 л/с·м<sup>2</sup>. Максимального значення набуває інтенсивність на початку промивки, а потім дещо знижується.

Середня інтенсивність промивки фільтруючої засипки 9...14 л/с·м<sup>2</sup>. Тривалість пульсації в середньому складає 0,2...1 год і зменшується із збільшенням швидкості фільтрування. Таким чином, (рис.4) оптимальною висотою гідрозатвора можна вважати висоту 27...28 см.

Зарядка промивного сифону в значній мірі залежить від швидкості приросту втрат напору і особливо в момент початку перетікання промивної води через його гребінь. Тому нами паралельно з наведеними вище різними конструкціями і способами зарядки гідрозатвора були проведені дослідження з інтенсифікації зарядки саме промивного сифону.

Для цього передбачено два варіанти. Перший – це звуження повітрявідділювача вище перегину промивного сифону, друге – влаштування додаткового бачка з водою, який при початку перетікання води через гребінь промивного сифону виливає додаткові витрати води в повітрявідділювач. Результати досліджень наведені на рис.5. Площа фільтрів із врахуванням пульсації і передпусковим режимом промивного сифона, м<sup>2</sup> може бути визначена таким чином

$$F_{\phi} = \frac{Q}{T \cdot V_{\phi}^H - 3,6 n_{\text{пр}} \cdot \omega \cdot t_1 - n_{\text{пр}} \cdot t_2 \cdot V_{\phi}^H - k \cdot t_3 \cdot V_{\phi}^H}, \quad (1)$$

де  $Q$  – корисна продуктивність станції, м<sup>3</sup>/доб;  $T$  – тривалість роботи станції упродовж доби, год.;  $V_{\phi}^H$  – розрахункова швидкість фільтрування в нормальному режимі, м/год;  $n_{\text{пр}} = 2...3$  – кількість промивок за добу;  $\omega$  – інтенсивність промивки, л/(с·м<sup>2</sup>);  $t_1$  – тривалість промивки, год;  $t_2$  – тривалість простою фільтра в зв'язку із промивкою, (0,17 год),  $k$  – коефіцієнт, який враховує зниження швидкості фільтрування під час пульсації;  $t_3$  – тривалість пульсації

Сума висот надфільтрового та підфільтрового просторів складає величину напору для промивки –  $H$  за мінусом висоти допоміжного імпульсного сифона, а тому також є величиною фіксованою для певної конструкції фільтра та для розглянутої конструкції фільтра. Для знезалізнення води з концентрацією заліза до 5 мг/л мінімальне значення дорівнює  $H = 1,4$  м. Збільшення його не доцільно, а, відповідно, не може впливати на підвищення інтенсивності промивки.

Площа одного фільтра, м<sup>2</sup> буде дорівнювати

$$f_{\phi} = F_{\phi} / n, \quad (2)$$

де  $n$  – кількість заблокованих фільтрів, в яких взаємопов'язаність надфільтрового простору забезпечується по верхньому рівню (звичайно не менше 4).

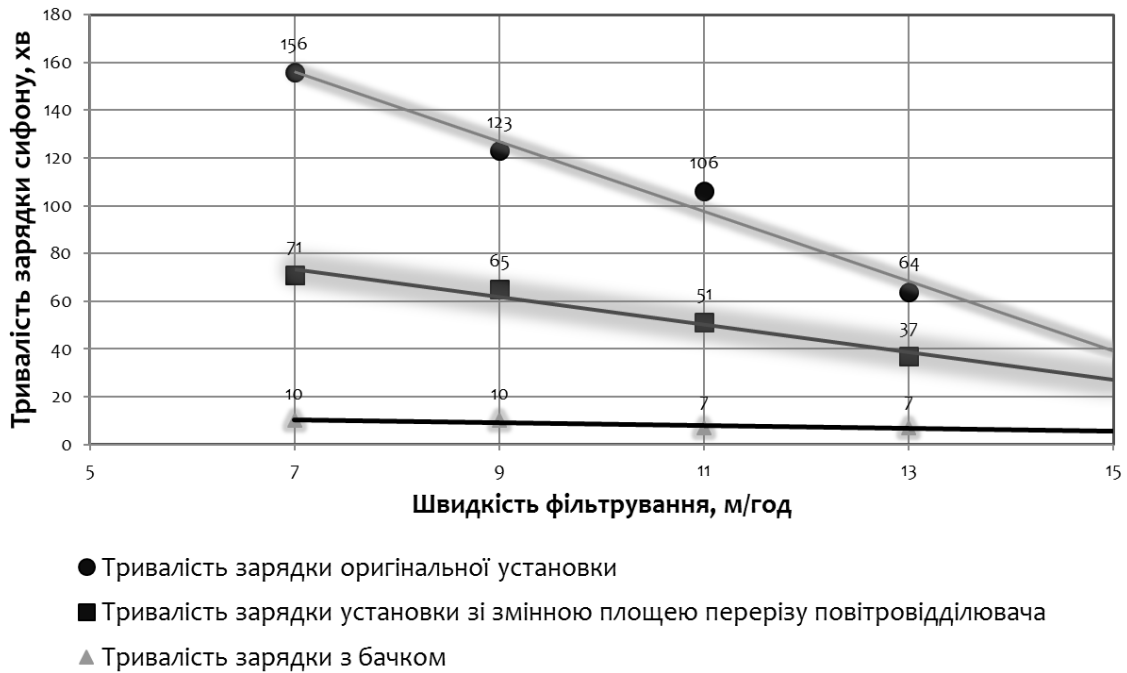


Рис. 5. Залежність тривалості зарядки промивного сифону для різних умов його включення

Діаметр низхідної труби промивного сифона визначається з умови, щоб швидкість руху води в ній в початковий момент “зарядки” була не менша 0,15 м/с, а під час промивки фільтра – не більше 2,5 м/с.

Під час промивки фільтра по сифону проходять промивні витрати разом з витратами вихідної води, л/с, що подаються на очистку, тобто

$$Q_c = q_{\text{пр}} + q_{\text{вих}} \cdot \quad (3)$$

Величину промивних витрат л/с можна визначити з виразу

$$q_{\text{пр}} = \omega \cdot f_{\text{ф}}, \quad (4)$$

де  $\omega$  – інтенсивність промивки, 9...14 л/(с·м<sup>2</sup>);  $f_{\text{ф}}$  – площа фільтра, м<sup>2</sup>.

Витрати вихідної води л/с визначаються з виразу

$$q_{\text{вих}} = \frac{f_{\text{ф}} \cdot V_{\text{р.н.}}}{3,6}, \quad (5)$$

де:  $V_{\text{р.н.}}$  – розрахункова швидкість фільтрування при нормальному режимі, яка згідно проведених досліджень повинна бути в межах 10 м/год.

Після підстави (5) та (4) в (3) отримаємо

$$Q_c = \cdot f_{\text{ф}} \omega + \frac{f_{\text{ф}} \cdot V_{\text{р.н.}}}{3,6}. \quad (6)$$

Промивний сифон розраховується на пропуск витрат води –  $Q_c$ , л/с [9]

$$Q_c = \frac{\pi^2 \cdot 1000}{4} \cdot \mu \sqrt{2g}. \quad (2)$$

Коефіцієнт витрат отвору при витіканні в повітря

$$\mu = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{\lambda L}{D} + \sum \xi}} \quad (3)$$

Після підстави в (7) значень з (5) та (8) і вирішення відносно інтенсивності промивки

$$\omega = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot 1000 \cdot \sqrt{2gH}}{4 \cdot f_{\phi} \sqrt{1 + \frac{\lambda L}{D} + \sum \xi}} - \frac{V_{p.n.}}{3,6} \quad (9)$$

З достатньою ступінню точності можна рахувати

$$L = 2(H + h), \quad (10)$$

Таким чином

$$\omega = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot 1000 \sqrt{2gH}}{4 \cdot f_{\phi} \sqrt{1 + \frac{\lambda \cdot 2(H+h)}{D} + \sum \xi}} - \frac{V_{p.n.}}{3,6} \quad (11)$$

Перевищення перегину промивного сифона над рівнем води в над-фільтровому просторі  $h$  з формули (11) повинно бути мінімальним, так як підвищення цієї величини викликає зменшення інтенсивності промивки. З одного боку, це перевищення пов'язано знову з технологічними параметрами. З іншого боку, це значення залежить від початкових втрат напору, інтенсивності приросту втрат напору, яка в свою чергу залежить від якісних показників води, швидкості фільтрування та гранулометричного складу засипки. На основі проведених досліджень на існуючих станціях знезалізнення значення  $h$  можна рекомендувати в межах 0,7...1,5м.

Так як швидкість фільтрування повинна прийматись в межах 10м/год, тобто достатньо фіксована величина, інтенсивність промивки, з одного боку, повинна бути такою, щоб забезпечувати достатню ступінь відмивки засипки, а залежить від конструктивних параметрів.

### Висновки

1. Гідроавтоматичні установки з пінополістирольним фільтром можуть функціонувати з різними типами гідрозатворів і пристроїв для збільшення швидкості приросту рівня води в повітрявідділювачі..

2. На тривалість зарядки промивного сифона впливає швидкість приросту рівня води в повітрявідділювачі в момент початку перетікання води через його гребінь.

3. Розроблена методика розрахунку площі фільтрів в гідроавтоматичних установках та можливої інтенсивності промивки із врахуванням спроможності промивного сифона

### Список літератури

1. Орлов В.О. Пінополістирольні фільтри в технологічних схемах водопідготовки :[монографія]/ В.О. Орлов, А.М. Зошук, С.Ю. Мартинов. – Рівне: РДТУ, 1999. – 144с.

2. Орлов В.О. Интенсификация работы водоочистных сооружений/ В.О. Орлов, Б.И. Шевчук. – К.: Будивэльныйк, 1989. – 128 с.,
3. Орлов В.О. Знезалізнення підземних вод для питних цілей/ Орлов В.О. [та ін.]. –Рівне: НУВГП, 2004. – 155 с.
4. Очищення природної води на пінополістирольних фільтрах :[монографія]/ [Орлов В.О. і ін.]; за загальною редакцією В.О. Орлова. – Рівне: НУВГП, 2012. – 172 с.
5. Сафонов Н. А. Самопромывающиеся водоочистные установки (технология, конструкции и расчет): [монография] / Н.А. Сафонов, А.Н. Квартенко, А.Н. Сафонов. – Ровно : РДТУ, 2000. – 155 с.

Надійшло до редакції 12.11.2015

УДК 628.1

О.В.ПЕТРОЧЕНКО, аспірант  
Інститут водних проблем і меліорації НААНУ

### **ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ЗАБРУДНЕННЯ ВОДИ ПРОДУКТАМИ ВНУТРІШНЬОЇ КОРОЗІЇ В ГРУПОВИХ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ВОДОПРОВОДАХ**

*Розглянуто проблему забруднення води в групових сільськогосподарських водопроводах. Наведено результати теоретичних і натурних досліджень забруднення води у сталевих водоводах продуктами внутрішньої корозії. Показано, що на групових сільськогосподарських водопроводах великої протяжності доцільно застосовувати інгібітори корозії. Встановлено, що групові водопроводи великої протяжності необхідно переводити на децентралізовані схеми підготовки і розподілу технічної води, при цьому частину технічної води в місцях споживання очищати до якості питної води.*

**Ключові слова:** груповий сільськогосподарський водопровід; внутрішня корозія сталевих водоводів; швидкість корозії; децентралізована схема водопостачання, технічна вода; питна вода.

*Рассмотрена проблема загрязнения воды в групповых сельскохозяйственных водопроводах. Приведены результаты теоретических и натурных исследований загрязнения воды в стальных водоводах продуктами внутренней коррозии. Показано, что на групповых сельскохозяйственных водопроводах большой протяженности целесообразно применять ингибиторы коррозии. Установлено, что групповые водопроводы большой протяженности необходимо переводить*