

ВОДОПОСТАЧАННЯ ТА ВОДОВІДВЕДЕННЯ

УДК 628.16

<https://doi.org/10.31713/vt2201820>

Мартинов С. Ю., к.т.н., доцент, Зошук В. О., к.т.н., доцент, Орлова А. М., к.т.н., доцент, Гринчук О. В., студент ННІБА
(Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

АВТОМАТИЗОВАНА УСТАНОВКА ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ НА НАПІРНОМУ ПІНОПОЛІСТИРОЛЬНОМУ ФІЛЬТРІ

В статті розглянуто особливості автоматизованого переключення режимів роботи пінополістирольних фільтрів з висхідним фільтруванням. Наведено та описано схему автоматизації роботи безнапірних пінополістирольних фільтрів з електрифікованою промивною засувкою. Запропоновано та описано технологічну схему знезалізнення води з напірним пінополістирольним фільтром та аерацією води на рециклі. Для цієї схеми розроблено автоматизовану установку дослідження процесів очищення води, приведено технологічну та електричну схеми, розглянуто особливості її роботи в різних режимах.

Ключові слова: підготовка води, пінополістирольне завантаження, знезалізнення води, автоматизація роботи швидких фільтрів, часові діаграми, напірне фільтрування.

Для підготовки води на господарсько-питні потреби використовуються різні технологічні схеми, що залежать від якості води в джерелі водопостачання, вимог до якості води у споживача, продуктивності, місцевих умов тощо [1-3]. В таких схемах, як правило, використовуються фільтрувальні споруди, від ефективності роботи яких залежить не тільки якість очищеної води, але й її собівартість [4; 5]. Одним з економічно доцільних завантажень є пінополістирол, який має ряд техніко-економічних переваг, порівняно із іншими фільтрувальними матеріалами [6; 7].

Пінополістирольні фільтри можуть використовуватися в двоступеневих реагентних схемах освітлення і знебарвлення або в одноступеневих схемах у якості контактних пінополістирольних фільтрів, в схемах знезалізнення води, для попереднього очищення поверхневих вод, для доочищення стічних вод [6; 7].

Для забезпечення цілодобової ефективної роботи фільтрувальних споруд виникає потреба в постійному їх обслуговуванні. Для максимального зменшення впливу на роботу таких споруд людського

фактору застосовується автоматизація їх роботи. Насамперед це стосується переведення фільтрів з режиму фільтрування в режим промивання та навпаки. Фільтри на промивання можуть виводитися за величиною граничних втрат напору (рівнем води), погіршенням якості фільтрату або за часом, який обумовлюється підвищенням міцнісних характеристик осаду [8; 9]. Звичайно, виведення фільтрів на промивання за погіршенням якості фільтрату вимагає датчиків контролю концентрації лімітуючого забруднення у фільтраті, що значно здорожує систему автоматизації, тому доцільно використовувати першу або третю умови. Для цього фільтри можуть обладнуватися засувками з електро-, гідро- або пневмоприводом та засобами їх управління.

При окремих повітрівідділювачах достатньо кожен безнапірний пінополістирольний фільтр обладнати лише однією засувкою на промивному трубопроводі (рис. 1), а при спільному – додатковою, на трубопроводі аерованої води [7]. У першому випадку, разом з брудною промивною водою відводиться і аерована вода з повітрівідділювача, а в другому – фільтри, що не промиваються, працюють з підвищеними швидкостями фільтрування, тому при розробці схеми автоматизації потрібно передбачати блокування, яке допускає одночасне промивання лише одного фільтру. Потрібно зазначити, що для переключення режимів роботи фільтра з «важким» завантаженням необхідно чотири засувки з електроприводом. При влаштуванні гідрозатвору з трубкою зриву вакууму на промивному трубопроводі відпадає потреба в контролі мінімального рівня води в надфільтровому просторі при промиванні фільтра.

Очищення природних вод може відбуватися за напірними схемами фільтрування, які, як правило, використовуються для водопроводів малої продуктивності. Для таких схем характерна відсутність резервуарів чистої води та насосних станцій другого підняття [2; 3]. При цьому фільтрат після його знезараження подається у водонапірну башту, з якої – до водоспоживачів. Автоматизація роботи напірних пінополістирольних фільтрів потребує такої ж кількості засувок як і для фільтрів з «важким» завантаженням.

У випадку знезалізнення води безреагентним методом [1; 5; 7] аерація води здійснюється найпростішим способом, шляхом виливання води з трубопроводу підземної води 1 в повітрівідділювач 2. Для інтенсифікації аераційно-дегазаційної підготовки води може використовуватися вакуумно-ежекційний аератор. В напірних схемах застосовується компресор, а змішування повітря з водою відбувається в напірних змішувачах. При цьому видалення розчинених газів (сірководень, вуглекислота) практично не відбувається. Тому така

схема знезалізнення води має жорсткіші обмеження за концентрацією розчинених газів у підземній воді: вільної вуглекислоти – не більше 40 мг/дм³, сірководню – не більше 0,5 мг/дм³ [1]. В напірних схемах для введення повітря можливо використовувати ежектори, стабільна робота яких можлива при постійній розрахунковій витраті та значному перепаді тиску води. Можливо здійснювати підсилену аерацію частини води з відведенням в свердловину, що вимагає мінімальних затрат на аераційне обладнання (рис. 2) [10].

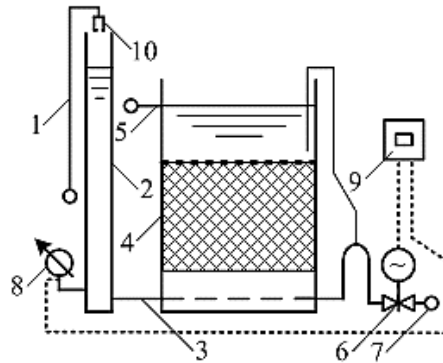


Рис. 1. Автоматизація роботи безнапірного пінополістирольного фільтра з електрифікованою промивною засувкою:

- 1 – трубопровід подавання води на очищення; 2 – повітревідділювач;
- 3 – трубопровід аерованої води; 4 – пінополістирольний фільтр;
- 5 – трубопровід фільтрату; 6 – засувка з електроприводом;
- 7 – промивний трубопровід; 8 – електроконтактний манометр; 9 – блок управління; 10 – аератор

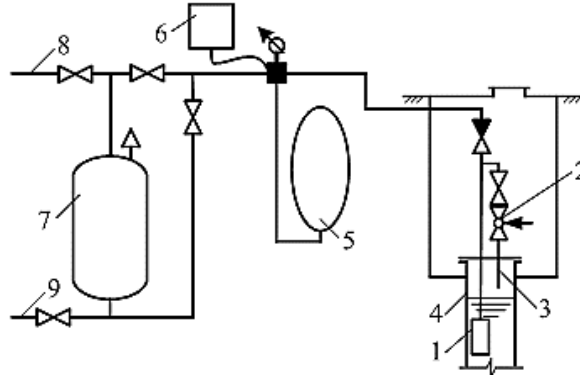


Рис. 2. Схема установки знезалізнення води з напірним пінополістирольним фільтром та аерацією на рециклі:

- 1 – занурений насос; 2 – ежекційний аератор; 3 – рециркуляційний трубопровід;
- 4 – свердловина; 5 – гідроакумулятор; 6 – автоматика; 7 – напірний пінополістирольний фільтр;
- 8 – трубопровід знезалізненої води; 9 – промивний трубопровід

Робота знезалізнювального обладнання відбувається наступним чином. При включеному насосі 1 частина підземної води через ежекційний аератор 2 рециркуляційним трубопроводом 3 відводиться в свердловину 4. В свердловині відбувається перемішування проаерованої води з іншою частиною підземної води. Суміш води надходить в гідроакумулюючий бак 5 і при досягненні максимального тиску спрацьовує автоматика 6 та відключається насос 1. При відкритті споживачами санітарно-технічних приладів, вода під тиском поступає на напірний пінополістирольний фільтр 7, де відбувається її знезалізнення. Для зменшення загальної висоти напірного фільтра доцільно використовувати дрібногранульоване завантаження, оскільки його необхідна висота буде меншою. Знезалізнена вода трубопроводом 8 надходить до споживача.

Для дослідження технологічної схеми знезалізнення води з напірним пінополістирольним фільтром та аерацією на рециклі нами розроблена автоматизована установка дослідження процесів очищення води на напірному пінополістирольному фільтрі (рис. 3).

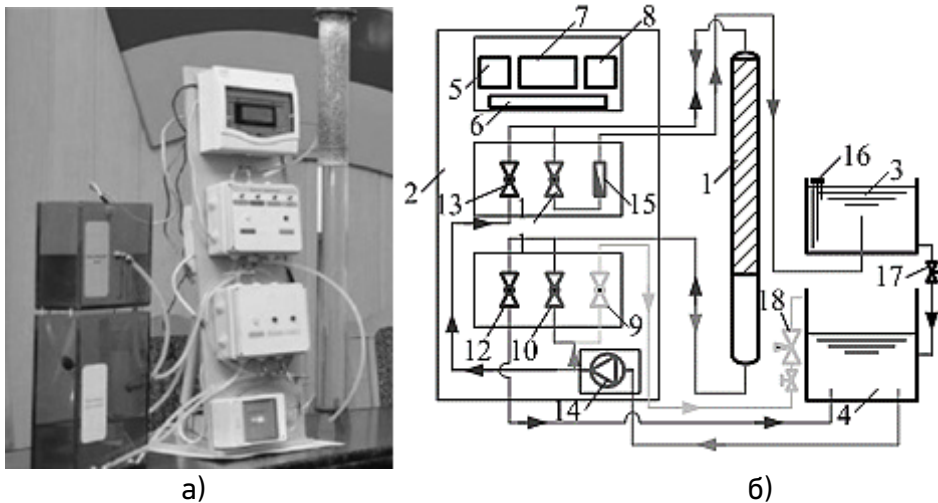


Рис. 3. Автоматизована установка дослідження процесів очищення води на напірному пінополістирольному фільтрі:

а) загальний вигляд; б) технологічна схема;

- 1 – фільтрувальна колона; 2 – стенд; 3 – бак фільтрату; 4 – бак неочищеної води; 5 – блок живлення; 6 – релейний модуль; 7 – дисплей;
- 8 – мікроконтролер; 9...13 – електромагнітні клапани; 14 – насос;
- 15 – витратомір; 16 – давач рівня; 17 – кран; 18 – аератор

Автоматизована установка складається з прозорої фільтрувальної колонки з пінополістирольним завантаженням, бачків, що імітують свердловину та напірний бак очищеної води, стенду, на якому

розміщено блок живлення, мікроконтролер ATmega2560, дисплей, релейний модуль, електромагнітні клапани, витратомір, мембранний насос, кнопки управління та індикації режимів роботи (рис. 3, б, рис. 4). Установа може працювати в трьох режимах: режимі фільтрування; режимі промивання; демо-режимі, який імітує роботу пінополістирольного фільтра в двох перших режимах за спрощеним алгоритмом. Кнопки управління передбачають ручне переключення в кожен з цих режимів та ручне включення мембранного насосу. Також передбачено ручну зупинку роботи автоматики. В режимі фільтрування електромагнітні клапани 9...11 (рис. 3) відкриті, а 12, 13 – закриті. Насосом 14 вода забирається з баку неочищеної води 4 і подається в нижню частину фільтрувальної колони 1, де проходить через пінополістирольне завантаження, і відводиться з верхньої частини у бак фільтрату 3. Коли рівень води в баку фільтрату досягне максимального, давач рівня 16 подає сигнал на мікроконтролер і насос 14 вимикається. Імітація водовідбору здійснюється шляхом частково відкритого крана 17. При зниженні рівня води в баку фільтрату 3 до мінімального, знову вмикається насос 14 і відбувається фільтрування води. Часова діаграма роботи автоматизованої установки в режимі фільтрування наведена на рис. 5.

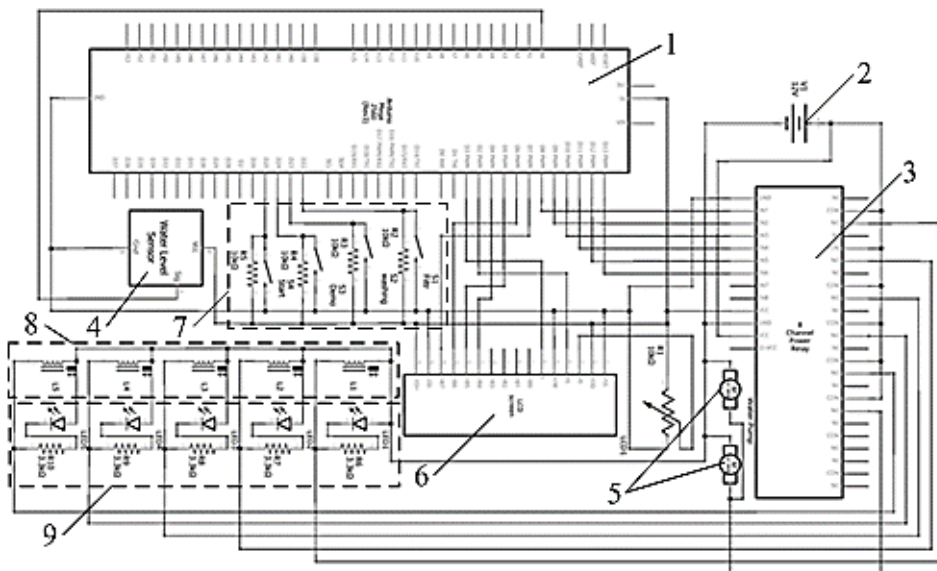


Рис. 4. Електрична схема автоматизованої установки дослідження процесів очищення води на напірному пінополістирольному фільтрі:

- 1 – мікроконтролер ATmega2560; 2 – блок живлення; 3 – релейний модуль;
- 4 – давач рівня; 5 – насос; 6 – дисплей; 7 – кнопки управління (S1...S4);
- 8 – електромагнітні клапани (L1...L5); 9 – світлодіоди стану електромагнітних клапанів (LED1...LED5)

Режим промивання відбувається шляхом закриття електромагнітних клапанів 9...11 (рис. 3) та відкриття 12, 13. Насосом 14 вода забирається з бака 4 і подається в верхню частину фільтрувальної колони 1, відбувається розширення пінополістирольного завантаження. Забруднена вода скидається у каналізацію. В даному випадку промивна вода подається в бак неочищеної води 4. Часова діаграма роботи автоматизованої установки в режимі промивання наведена на рис. 6.

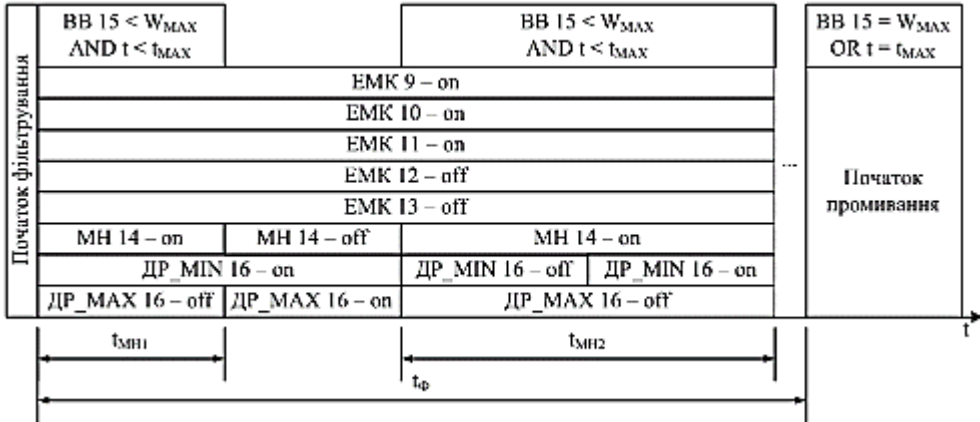


Рис. 5. Часова діаграма роботи автоматизованої установки в режимі фільтрування:

ВВ 15 – витратомір; W_{MAX} – максимально допустимий об'єм фільтрату за фільтроцикл; t_{MAX} – максимально допустима тривалість фільтрування; ЕМК 9-ЕМК 13 – електромагнітні клапани (див. рис. 3, б); МН 14 – мембранний насос; ДР_MAX 16, ДР_MIN 16 – датчики мінімального та максимального рівня води в баку фільтрату

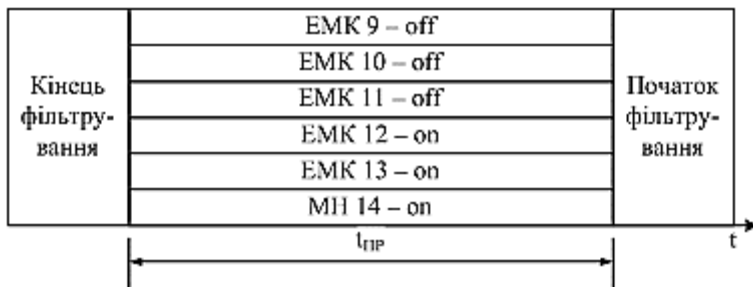


Рис. 6. Часова діаграма роботи автоматизованої установки в режимі промивання (умовні позначення – див. рис. 5)

Демо-режим демонструє роботу за двома режимами, тобто режим фільтрування та режим промивання за часовими проміжками. Спочатку включається режим фільтрування через 1 хв, включається режим промивання і через 2 хв, переключається знову на режим фі-

льтрування тощо. За необхідності кожен з трьох вищеописаних режимів можна призупинити вимкнувши мембранний насос.

Отже, розроблена нами автоматизована установка дослідження процесів очищення води на напірному пінополістирольному фільтрі дозволяє комплексно вивчати роботу пінополістирольних фільтрів в технологічних схемах очищення води, розробляти і досліджувати різні схеми та алгоритми автоматизації їх роботи, проводити навчання студентів.

1. ДБН В.2.5-74:2013. Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. [Чинний від 2014-01-01]. К. : Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2013. **2.** Водопостачання та очистка природних вод : навч. посіб. / С. М. Епоян, В. Д. Колотило, О. Г. Друшляк та ін. Харків, 2010. 192 с. **3.** Twort A. C., Ratnayaka D. D., Brandt M. J. Water Supply. 5th edn. London, Arnold, 2000. **4.** Грабовский П. А., Ларкина Г. М., Прогульный В. И. Промывка водоочисных фильтров. Одесса : Изд-во «Optimum», 2012. 240 с. **5.** Тугай А. М., Олійник О. Я., Тугай Я. А. Продуктивність водозабірних свердловин в умовах кольматажу : монографія. Харків : ХНАМГ, 2004. 240 с. **6.** Water softening and de-ironing of ground water using sulfonated polystyrene beads / R. S. Lavanya, S. Ulavi, K. S. Lokesh, M. Tech Scholar. *International journal of engineering research & technology*. 2014. V. 3. P. 2124–2127. **7.** Orlov V., Martynov S., Kunitskiy S. Energy saving in water treatment technologies with polystyrene foam filters. *Journal of Water and Land Development*. 2016. Warsaw. Vol. 31 (X-XII). P. 119–122. **8.** Мартинов С. Ю., Поляков В. Л. Комплексні дослідження фізичних властивостей і динаміки накопичення залізовміщуючого осаду. *Актуальні проблеми енергоресурсозбереження та екології* : матеріали міжнародної науково-технічної конференції. 10–11 жовтня 2017 р. Одеса : ОДАБА. С. 98–100. **9.** Поляков В. Л., Мартынов С. Ю. О математическом моделировании физико-химического обезжелезивания подземных вод с учетом нелинейных эффектов. *Ресурс і безпека експлуатації конструкцій, будівель та споруд* : тези за матеріалами VIII Міжнародної наукової конференції. 18–19 жовтня 2017 р. Х. : ХНУБА. С. 113–115. **10.** Орлов В. О., Мартинов С. Ю., Корнійчук К. С., Яцунов В. О. Впровадження котеджних установок для знезалізнення води. *Ресурсоекономні матеріали, конструкції та споруди* : зб. наук. пр. 2014. Рівне. Вип. 29. С. 445–450.

REFERENCES:

1. DBN V.2.5-74:2013. Vodopostachannia. Zovnishni merezhi ta sporudy. Osnovni polozhennia proektuvannia. [Chynnyi vid 2014-01-01]. K. : Ministerstvo rehionalnoho rozvytku, budivnytstva ta zhytlovo-komunalnoho hospodarstva Ukrainy, 2013. **2.** Vodopostachannia ta ochystka pryrodnykh vod : navch. posib. / S. M. Epoian, V. D. Kolotylo, O. H. Drushliak ta in. Kharkiv, 2010. 192 s.

3. Twort A. C., Ratnayaka D. D., Brandt M. J. *Water Supply*. 5th edn. London, Arnold, 2000. **4.** Hrabovskii P. A., Larkina H. M., Prohulnyi V. I. *Promyvka vodoochisnykh filtrov*. Odessa : Izd-vo «Optimum», 2012. 240 s. **5.** Tuhai A. M., Oliinyk O. Ya., Tuhai Ya. A. *Produktyvnist vodozabirnykh sverdlodyn v umovakh kolmatazhu : monohrafiia*. Kharkiv : KhNAMH, 2004. 240 s. **6.** Water softening and de-ironing of ground water using sulfonated polystyrene beads / R. S. Lavanya, S. Ulavi, K. S. Lokesh, M. Tech Scholar. *International journal of engineering research & technology*. 2014. V. 3. P. 2124–2127. **7.** Orlov V., Martynov S., Kunitskiy S. Energy saving in water treatment technologies with polystyrene foam filters. *Journal of Water and Land Development*. 2016. Warsaw. Vol. 31 (X-XII). P. 119–122. **8.** Martynov S. Yu., Poliakov V. L. Kompleksni doslidzhennia fizychnykh vlastyvostei i dynamiky nakopychennia zalizovmishchuiuchoho osadu. Aktualni problemy enerhoresursozberezhennia ta ekolohii : materialy mizhnarodnoi naukovo-tekhnichnoi konferentsii. 10-11 zhovtnia 2017 r. Odesa : ODABA. S. 98–100. **9.** Poliakov V. L., Martynov S. Yu. O matematicheskom modelirovanii fiziko-khimicheskoho obezshezivanja podzemnykh vod s uchetom nelineinykh efektov. *Resurs i bezpeka ekspluatatsii konstruksii, budivel ta sporud : tezy za materialamy VIII Mizhnarodnoi naukovo konferentsii*. 18-19 zhovtnia 2017 r. Kh. : KhNUBA. S. 113–115. **10.** Orlov V. O., Martynov S. Yu., Korniiichuk K. S., Yatsunov V. O. *Vprovadzhennia kotedzhnykh ustanovok dlia znezaliznennia vody. Resursoekonomni materialy, konstruksii ta sporudy : zb. nauk. pr.* 2014. Rivne. Vyp. 29. S. 445–450.

Рецензент: д.т.н., професор Ковальчук В. А. (НУБГП)

Martynov S. Yu., Candidate of Engineering (Ph.D.), Associate Professor, Zoshchuk V. O., Candidate of Engineering (Ph.D.), Associate Professor, Orlova A. M., Candidate of Engineering (Ph.D.), Associate Professor, Hrynychuk O. V., Senior Student (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

AUTOMATED INSTALLATION OF RESEARCH OF WATER PURIFICATION PROCESSES IN PRESSURE POLYSTYRENE FOAM FILTER

As a rule for preparation of water for household needs used various technological schemes in which filtering facilities used too. Foam polystyrene is one of the economically feasible beads. Foam polystyrene filters can be used in two-stage reagent schemes of clarifying and discoloration, or in single-stage schemes as contact polystyrene filters, in schemes of water deferrization etc. To minimize the impact of the human factor on the work of filtering structures used the automation of their work. First, it relates with switching filters from filtering mode into washing mode and vice versa. The article

considered the features of automated switching of operating modes of foam polystyrene filters work with ascending filtering. Natural water purification can take place by the pressure filtering schemes that usually used for low productivity water pipes. In pressure schemes of water deferrization, it is possible to carry out the enhanced aeration the parts of water with outflow into the well, which requires minimal aeration equipment cost. Developed automated installation of research of water purification processes on pressure foam polystyrene, which allows the complex study of polystyrene filters work to develop and explore different schemes and algorithms of automation of their work. The article presents the technological and electrical schemes of such installation, describes modes of its operation.

Keywords: water preparation, polystyrene beads, water deferrization, automation of fast filters work, timing diagram, pressure filtering.

Мартынов С. Ю., к.т.н., доцент, Зошук В. О., к.т.н., доцент,
Орлова А. М., к.т.н., доцент, Гринчук А. В., студент (Национальный
университет водного хозяйства и природопользования, г. Ровно)

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ УСТАНОВКА ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ОЧИСТКИ ВОДЫ НА НАПОРНОМ ПЕНОПОЛИСТИРОЛЬНОМ ФИЛЬТРЕ

В статье рассмотрены особенности автоматизированного переключения режимов работы пенополистирольных фильтров с восходящей фильтрацией. Приведено и описано схему автоматизации работы безнапорных пенополистирольных фильтров с электрифицированной промывной задвижкой. Предложено и описано технологическую схему обезжелезивания воды с напорным пенополистирольным фильтром и аэрацией воды на рецикле. Для этой схемы разработана автоматизированная установка исследования процессов очистки воды, приведено технологическую и электрическую схемы, рассмотрены особенности ее работы в различных режимах. **Ключевые слова:** подготовка воды, пенополистирольная загрузка, обезжелезивание воды, автоматизация работы скорых фильтров, временные диаграммы, напорное фильтрование.
