

# Питання управління в складних системах

УДК 664.655.1

В.В. Борщ, О.Б. Борщ, О.В. Шульга

*Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, Полтава*

## АВТОМАТИЗОВАНЕ КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ ЗНЕЗАРАЖЕННЯ ВОДИ

*Запропонована оригінальна методика керування дозою ультрафіолетового знезараження потоку води автоматизованою системою частотно-регульованого електропривода.*

**Ключові слова:** *доза ультрафіолетового знезараження, потік води, автоматизована система керування, електропривод, енергозбереження.*

### Вступ

**Постановка проблеми.** Забезпечення водою населення та підприємств харчової промисловості з використанням традиційної схеми двоступеневого хлорування або методу озонування не дозволяє досягти сучасних мікробіологічних і хлорорганічних нормативів [1, 2]. Використання інноваційних технологій знезараження питної води, зокрема з застосуванням ультрафіолетової технології, сприяють розв'язанню актуальних задач, які поставлені до систем водопостачання.

Знезараження питної води за допомогою ультрафіолетового (УФ) опромінення є екологічно чистим, безпечним та надійним методом, дозволяє знищувати патогенну мікрофлору води без зміни її хімічного складу визначає широке його застосування в умовах підвищення вимог до якості води [1 – 9]. Окрім того, ця методика знезараження повністю сумісна з іншими методами підготовки води.

Однак, застосування методик тотального знищення всіх бактерій у воді [2, 5] призводить до невиправдано завищених затрат електричної енергії. Питання енергоощадного керування знезаражуючою дозою УФ опромінення, яка суттєво залежить від прозорості води та типу мікроорганізмів, на даний час практично відкрите [9].

Таким чином, вдосконалення пристроїв УФ знезараження води, що здатні контролювати дозу опромінення при відомій бактеріальній флорі та енергоощадно керувати нею є актуальною задачею водопостачання.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** При відомій бактеріальній флорі та вимогам до якості води, оптимізація дози опромінення є актуальним питанням як з точки зору надійності знезараження води, так і енергоощадності. Знезараження води УФ випромінюванням здійснюється на довжині хвилі випромінювання, рівній 253,7 нм при дозі опромінення, що забезпечує загибель найбільш стійких мікроор-

ганізмів [1, 2], з коефіцієнтом запасу від кількох одиниць до сотні. Питання практичного підвищення ефективності бактерицидного знезараження води розглянуте в роботах [4, 5] та патентах [7 – 9], де описані оригінальні установки УФ знезараження води. Пристрій, описаний в роботі [6] призначений для тотального знищення бактерій і не передбачає регулювання швидкістю потоку води, що призводить до невиправдано завищених затрат електроенергії. Система знезараження води, захищена патентом [7], має цю можливість, однак не забезпечує її енергоощадності в широкому інтервалі швидкостей потоку води. Частково цього недоліку позбавлені установка, описана в роботі [4] та захищена патентом [8].

Значним недоліком наведених установок є відсутність можливості досягнення енергоощадного режиму їх роботи при умові ефективного знезараження води в широкому діапазоні доз УФ опромінення. Для суттєвого розширення меж енергоощадного керування дозою УФ опромінення авторами роботи [5] розроблена та захищена патентом [9] чотирьохсекційна установка УФ знезараження води.

**Мета статті:** кількісно оцінити вплив різних факторів на процес енергоощадного багатоступеневого керування дозою УФ знезараження потоку води шляхом впровадження автоматизованої системи керування частотно-регульованим електроприводом.

### Виклад основного матеріалу

Основними факторами, що впливають на дозу УФ опромінення води є потужність джерела випромінювання, час опромінення та прозорість води.

Як відомо, при заданій постійній потужності джерела УФ випромінювання реактора доза опромінення води в реакторі визначається швидкістю потоку води, що проходить через активну зону опромінення. Для розширення діапазону енергоощадного режиму роботи електропривода [10] установки знезараження води при відомій її бактеріальній флорі та контрольованій прозорості авторами даної роботи

запропонована чотирьохкамерна вихрова установка, що дозволяє керувати дозою опромінення води шляхом плавної зміни швидкості її потоку завдяки автоматичному керуванню швидкістю обертання ротора циркуляційного насоса та автоматичним включенням в разі потреби додаткової кількості знезаражуючих камер, зберігаючи при цьому енергоощадний режим [5, 9].

Розроблена авторами конструкція автоматизованої вихрової установки знезараження води УФ випромінюванням дає можливість суттєво підвищити ефективність знезараження води та відносно мутних розчинів. Рівномірне опромінення всього об'єму потоку рідини забезпечується її змішуванням за допомогою пасивного вихроутворювача, розміщеного в камері, що утворена двома коаксіальними циліндрами. Використання кварцової трубки в якості внутрішнього циліндра забезпечує пропускання

УФ випромінювання. Зовнішня поверхня камери виготовлена з харчової нержавіючої сталі.

Енергоощадна установка для знезараження води УФ випромінюванням, що показана на рисунку, містить подавальний трубопровід (1), циркуляційний насос (2), систему керування перетворювача частоти (3) для живлення двигуна циркуляційного насоса. Крани включення секцій (4) призначені для підключення камер знезараження *a*, *b*, *c* та *d*, трубчаті бактерицидні лампи УФ випромінювання (5), розташовані в центрі кожної циліндричної камери (6) співвісна з нею, (7) – подаючий та зворотній трубопроводи системи водопостачання, (8) – електромагнітний витратомір, (9) – блок контролю стану ламп та сенсора УФ (блок керування); (10) – блок живлення, (11) – датчик контролю інтенсивності УФ випромінювання, (12) – внутрішні кварцові корпуси камер знезараження, (13) – пасивний вихроутворювач.

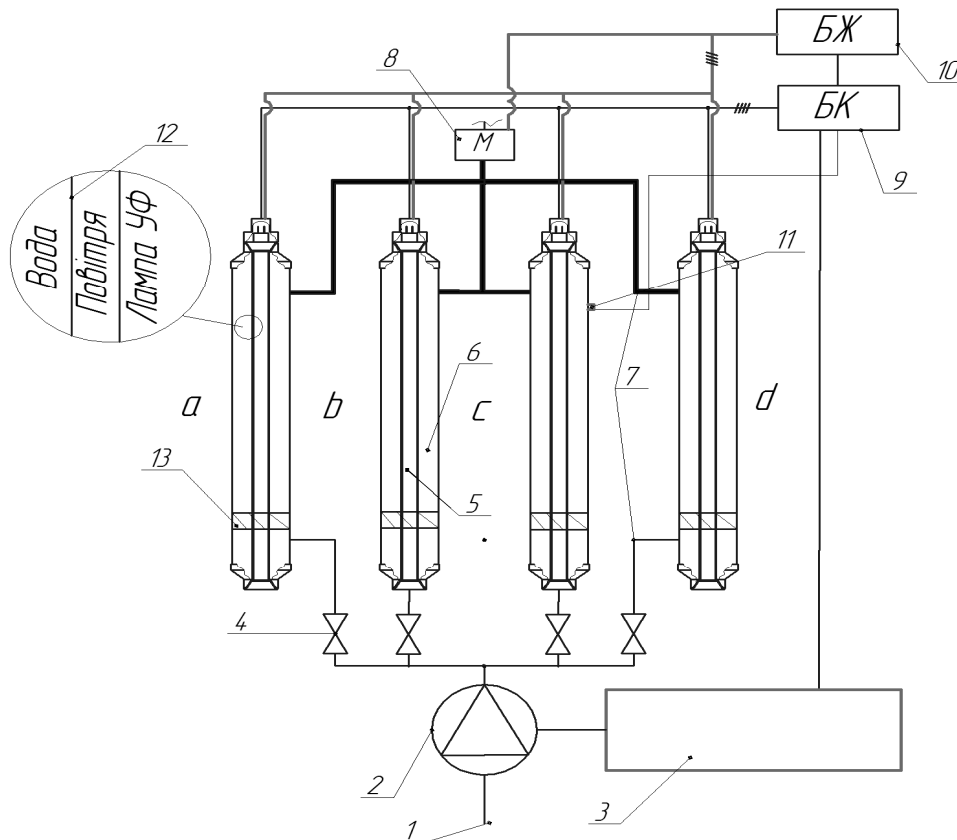


Рис. 1. Схема енергоощадної установки для знезараження води УФ випромінюванням

Частотно-регульований електропривод містить: випрямляч, інвертор, асинхронний електродвигун в комплекті з насосом (2), систему керування перетворювача частоти (3), блок керування (9).

Принцип енергоощадної роботи даної установки полягає в наступному. Для відцентрового насоса (2), що приводиться в рух асинхронним електродвигуном, існує певна номінальна частота обертання ротора, при якій ККД насоса максимальний. Збільшення дози опромінення передбачає зменшення швидкості потоку води, що здійснюється за рахунок

зниження швидкості обертання ротора насоса (та навпаки), проте ККД при цьому зменшується. Для збереження високого ККД та забезпечення оптимальної дози знезараження, відбувається зменшення швидкості потоку води шляхом автоматичного паралельного підключення двох, трьох або всіх камер.

При проходженні води через камеру знезараження датчик контролю інтенсивності УФ випромінювання (11) вимірює інтенсивність УФ опромінення, блок контролю (9) у відповідності до сигналу цього датчика визначає швидкість обертання валу

циркуляційного насосу. Якщо коефіцієнт поглинання води зростає за рахунок забруднення, то швидкість потоку води автоматично зменшується завдяки зменшенню швидкості обертання валу циркуляційного насосу зменшується. При цьому блок керування та система керування перетворювачем частоти (3) видає сигнал для відкриття додаткової камери (*b*), що зменшує швидкість потоку води та відповідно збільшує дозу опромінення, забезпечуючи при цьому максимальний ККД електроприводу при оптимальній швидкості обертання валу циркуляційного насосу. Енергоощадність забезпечується чотирма режимами роботи даної установки:

- вода протікає через одну камеру (*a*) при певній швидкості  $v_1$ ;
- вода протікає паралельно через дві камери (*a* та *b*) при певній швидкості  $v_2$ ;
- вода протікає паралельно через три камери (*a*, *b*, *c*) зі швидкістю  $v_3$ ;
- вода протікає через усі 4 камери (*a*, *b*, *c*, *d*) зі швидкістю  $v_4$ .

Причому виконується умова:  $v_1 > v_2 > v_3 > v_4$ , що забезпечує збільшення дози опромінення.

Як бачимо, дози опромінення води досягається шляхом чотириступеневої зміни швидкості потоку води завдяки автоматичному «включенню-виключенню» необхідної кількості камер знезараження. При цьому система керування перетворювача частоти електропривода визначає енергоощадний режим його роботи, забезпечуючи високу надійність знезараження. Контроль інтенсивності бактерицидного випромінювання ламп та коефіцієнт поглинання води здійснюється за допомогою УФ фотодіода, покритого інтерференційним фільтром (максимум пропускання припадає на довжину хвилі 253,7 нм, напівширина лінії пропускання 10 – 15 нм), що підвищує вибірковість системи автоматичного керування.

Рівномірне опромінення всього об'єму рідини забезпечується її змішуванням за допомогою пасивних вихроутворювачів (13), розміщених у кожній камері знезараження.

## Висновки

1. Факторами, що впливають на дозу опромінення води є потужність джерела УФ випромінювання, час опромінення та прозорість води.

## АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ВОДЫ

В.В. Борщ, Е.Б. Борщ, А.В. Шульга

*Предложена оригинальная методика управления дозой ультрафиолетового обеззараживания потока жидкости автоматизированной системой частотно-регулируемого электропривода.*

**Ключевые слова:** доза ультрафиолетового обеззараживания, поток жидкости, автоматизированная система управления, электропривод, энергосбережение.

## AUTOMATED PROCESS CONTROL OF DISINFESTATION OF WATER

V.V. Borsch, O.B. Borshch, O.V. Shulga

*An original method of controlling the dose of ultraviolet disinfection of water flow automation system variable frequency drives.*

**Keywords:** dose of ultraviolet disinfections, stream of water, CAS of management, electro mechanic, energy-savings.

2. Розроблена та реалізована система керування частотно-регульованим електроприводом дає можливість проводити знезараження води за обраною програмою при відомій бактеріальній флорі та автоматично контролювати й регулювати дозу УФ випромінювання.

3. Чотирьохкамерна вихрова установка дозволяє керувати дозою опромінення води в широких межах, забезпечуючи енергоощадний режим її роботи.

## Список літератури

1. Алексеев Л.С. Контроль качества воды: Учебник. – 4-е изд., перераб. и доп. ИНФРА-М, 2009. – 159 с.
2. Бельский С.М. и др. Технология обработки и розлива минеральных вод. Агропромиздат, 1990. – 151 с.
3. ДСТУ 4808-2007 “Джерела централізованого питного водопостачання. Гігієнічні та екологічні вимоги щодо якості води і правила вибирання”. – К.: Знання, 2008. – 75 с.
4. Борщ В.В., Борщ О.Б., Шульга О.В. Автоматизована вихрова установка знезараження води ультрафіолетовим випромінюванням. Тези 63-ї наукової конференції. Том 1. – Полтава: ПолтНТУ, 2011. – С. 32.
5. Власенко О.І., Борщ В.В., Борщ О.Б., Бенда С.І., Шульга О.В. Энергозберігаючий автоматизований електропривод установки ультрафіолетового знезараження води // IV Всеукраїнської НПК «Проблеми й перспективи розвитку академічної та університетської науки», 8 – 9 грудня 2011 року – Полтава: ПолтНТУ, 2011. – С. 81-83.
6. Деклараційний патент України № 7835 дата публ. 15.07.2005. Тимченко А.С., Бондар В.В., Сергута С.Ю. “Пристрій для знезараження рідини”. Інст. Гематології АМН.
7. Патент України № 27058 дата публ. 10.10.2007 Колотило В.Д., Кобилянський В.Я., Паболков В.В., Максимова О.Е., Чорний А.П. “Система знезараження питної води ультрафіолетовим опроміненням”.
8. Патент України № 57812 дата публ. 10.03.2011. Безденежних І.Б., Безденежних Л.А., Глушко Н.Ю. “Установка для знезараження води ультрафіолетовим випромінюванням”.
9. Патент України № 104519 дата публ. 10.02.2016. Власенко О.І., Велещук В.П., Власенко З.К., Киселюк М.П., Борщ В.В., Борщ О.Б., Шульга О.В., Пугач М.В., Нелюба Д.М., Даулетмуратов Б. Энергозберігальна установка для знезараження води ультрафіолетовим випромінюванням.
10. Закладний О.М., Праховник А.В., Соловей О.І. Энергобереження засобами промислового електропривода: Навчальний посібник. – К: Кондор, 2005. – 408 с.

Надійшла до редколегії 22.02.2017

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. С.В. Козелков, Державний університет телекомунікацій, Київ.