

УДК 628.3:621.3

ОБГРУНТУВАННЯ РОБОЧОЇ МІРИ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЧНОЇ ВОДООЧИСТКИ

В. М. Штена, кандидат технічних наук, доцент

Поліський державний університет, Республіка Білорусь

E-mail: shns1981@gmail.com

Анотація. Проаналізовано сучасні аспекти використання технічних основ метрологічного забезпечення при реалізації процесів очистки стічних вод різногалузевих об'єктів, виявлено ключові недоліки пропонованих підходів та фактичну недостатність номенклатури засобів вимірювальної техніки цього технологічного сегменту. Запропоновано створення робочої міри ефективності систем електротехнологічного водоочищення (РМЕСЕВ), котру можна було б застосовувати на етапах проектування та оперативного корегування функціональних режимів основного водоочисного обладнання. На основі електротехнологічних технічних засобів видалення забруднювачів розроблено апаратне забезпечення РМЕСЕВ, базуючись на інтелектуальних математичних рішеннях (нейронні мережі) створено програмне забезпечення такої робочої міри. Синтезовано структурно-алгоритмічні основи виробничого застосування РМЕСЕВ на етапах проектування очисних споруд та адаптації у режимі реального часу їх функціональних параметрів у залежності від зміни робочих умов вимірювання.

Ключові слова: *електротехнологічний комплекс, екологічна безпека, вимірювання, робочі умови, непередбачуваність, водоочистка*

Актуальність. Робота обладнання, що забезпечує видалення забруднювачів із водних розчинів, базується на реалізації технологічного регламенту – документів, який відноситься до системи технологічної документації (Єдина система технологічної документації (ЄСТД), яка, в свою чергу, входить до складу Єдиної системи технологічної підготовки виробництва (ЄСТПВ) [1].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Аналізуючи склад технологічних регламентів та особливості функціонування водоочисного обладнання, можна зробити висновки, що ключовими та складними завдання, при виконанні регламенту являються:

- контроль технологічних процесів у проектно-встановлених точках відбору проб стічної води та осаду, характеристик існуючих приборів контролю очисних споруд;

- технологічний аналіз роботи обладнання згідно виробничих експлуатаційних показників, масових витрат ресурсів, ефективності очистки згідно регламентно встановлених критеріїв та показників.

Методичні складності аналізу складу води стають очевидними, зокрема, при міжлабораторному дослідженні [1]: незначна кількість методик, в тому числі і заснованих на використанні найсучасніших фізичних методів, не дають можливість надійно визначати поллютанти на рівні гранично-допустимих концентрацій (ГДК) [2]. Ще складніша ситуація із технічними приладами здатними працювати в режимі реального часу в промислових умовах – а саме вони є обов'язковими для контролю за дотриманням регламентних вимог щодо ефективності водоочистки [3, 4]: їх не більше десяти при необхідності вимірювання десятків, а іноді і сотень параметрів якості водних розчинів.

Саме тому розроблення інструментальних засобів моделювання якості промислової електротехнологічної водоочистки (більше 80% такого обладнання використовує електроенергію для реалізації технологічних процесів) є актуальним завданням.

Мета дослідження – обґрунтування робочої міри ефективності систем очистки стічних вод та методик її використання на виробництві.

Матеріали і методи дослідження. Процедура отримання вимірювальної інформації містить послідовність науково-обґрунтованих елементів (кроків), які потрібно реалізувати для того, щоб зберегти вимоги єдності вимірювань та оперувати в подальшому достовірними даними [1]. Стосовно об'єктів водоочистки та електротехнологічних комплексів її забезпечення, найскладнішим кроками такого алгоритму, у контексті дотримання встановлених вимог, є

перехід від принципів вимірювання (фізичного явища/ефекту, що лежить в основі вимірювання) до їх результатів (рис. 1).

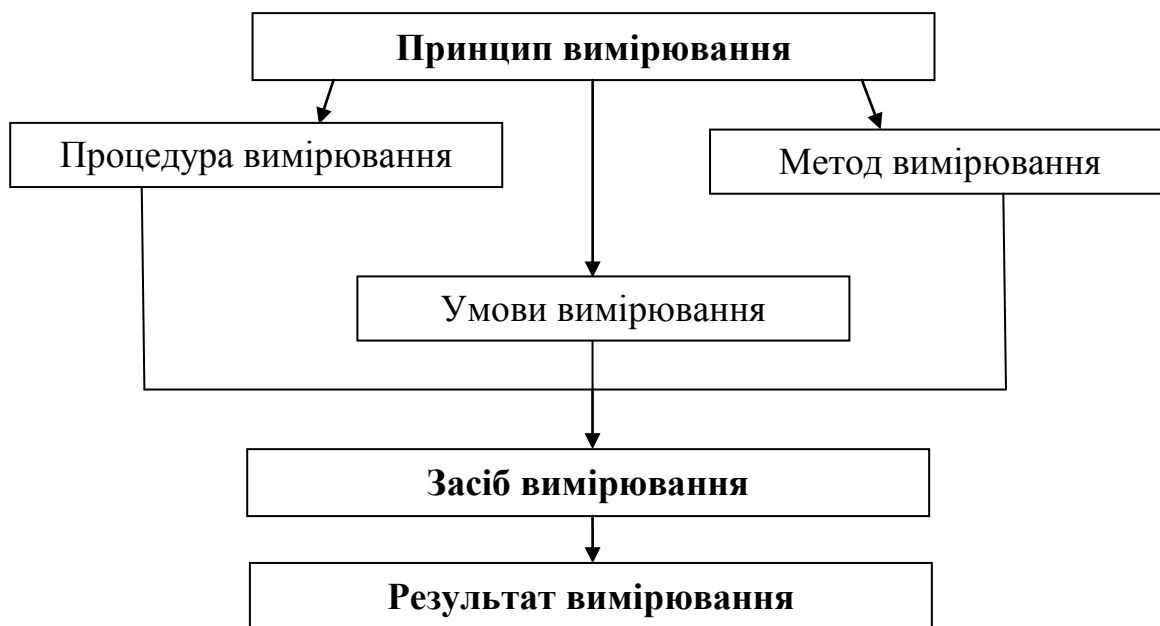


Рис. 1. Фрагмент процедури отримання вимірювальної інформації

У результаті постійних змін умов вимірювання (виходу за проектно-встановлених робочі межі) відбувається непередбачуване коливання результатів вимірювання якості стічних вод (рис. 2).

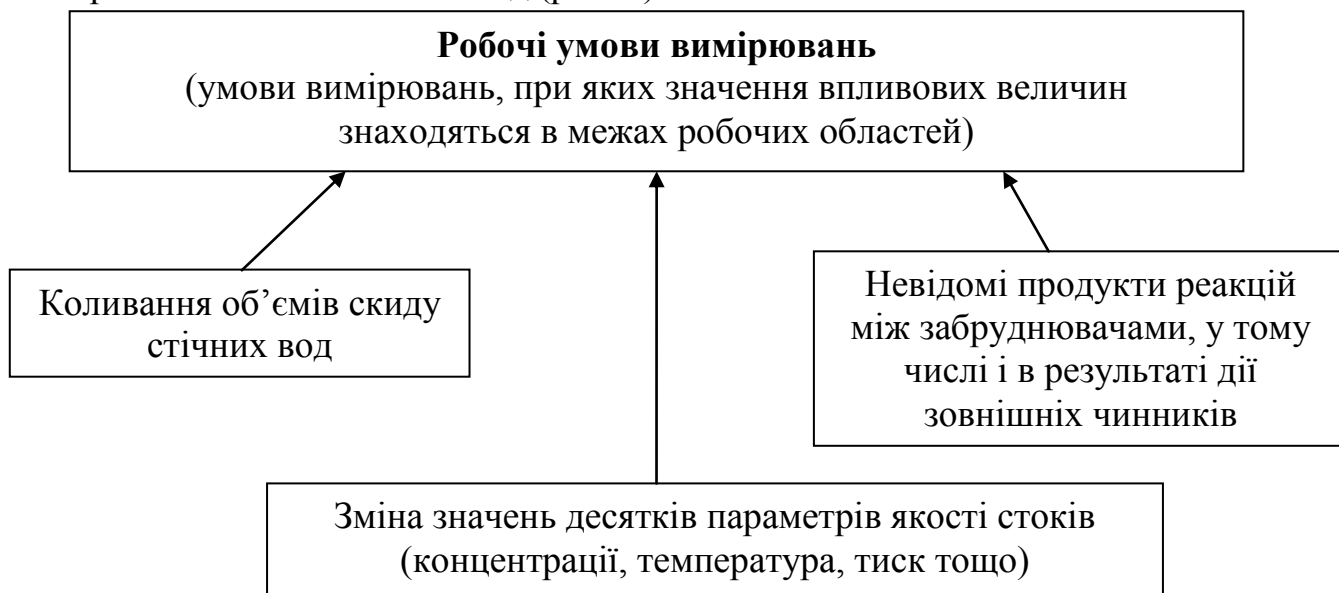


Рис. 2. Схема впливу базових негативних непередбачуваних та нелінійних чинників на робочі умови вимірювання якості стоків

Це перш за все викликано значним взаємовпливом показників якості стоків та постійними стохастичними змінами параметрів технології виробництва; при цьому вимірювання потребують від кількох десятків хвилин до кількох годин, навіть діб (біологічне споживання кисню, Coli-index).

При об'ємах небезпечного скиду промислових об'єктів від 500 м³/добу до 10 000 м³/добу неефективність і довготривалість вимірювань, з точки зору екологічної безпеки, неприпустимі – особливо в умовах потенційній дії нештатних ситуацій (НС) на виробництвах і, відповідно, залпових збільшеннях значень забруднювачів і/або витрат стічних вод. Ситуація ускладнюється тим, що відсутні або мають низькі точність та швидкодію сучасні засоби автоматичних вимірювань складу води (існують датчики температури, тиску, каламутності, витрат, рН, окислюваності, вмісту хлора, іонного складу).

Тобто фактично не можливо у режимі реального часу керувати системою водоочистки, базуючись на сучасних засобах вимірювальної техніки, оскільки матиме місце один із негативних сценаріїв:

1. Неякісна водоочистка і забруднення навколишнього природного середовища;
2. Нераціональне використання (перевитрати) ресурсів (електроенергії, реагентів тощо).

Саму тому необхідно створити вимірювальний пристрій, який би дозволив покращити використання електротехнологій і реалізовував відтворення та (або) збереження параметрів стоків: на етапах проектування та, потенційно, при експлуатації в режимі реального часу на виробничих об'єктах. Для таких цілей доцільно створити робочу міру ефективності водоочищення – з метою вимірювання фізичних величин процесів видалення забруднювачів із стоків методом порівняння із такою мірою.

При цьому під ефективністю розуміється використання такої кількості ресурсів (електроенергії, реагентів тощо), яка достатня для гарантованого

забезпечення ГДК після водоочищення, варіант неякісного водоочищення неприпустимий [5].

Результати досліджень та їх обговорення. Виходячи із попередніх досліджень [2, 3, 6] технологічна структура робочої міри ефективності систем електротехнологічної водоочистки (РМЕСЕВ) різногалузевих об'єктів включатиме ряд узгоджених пристроїв (рис. 3, 4).



Рис. 3. Зовнішній вигляд технологічних елементів РМЕСЕВ (патент України № 120530)

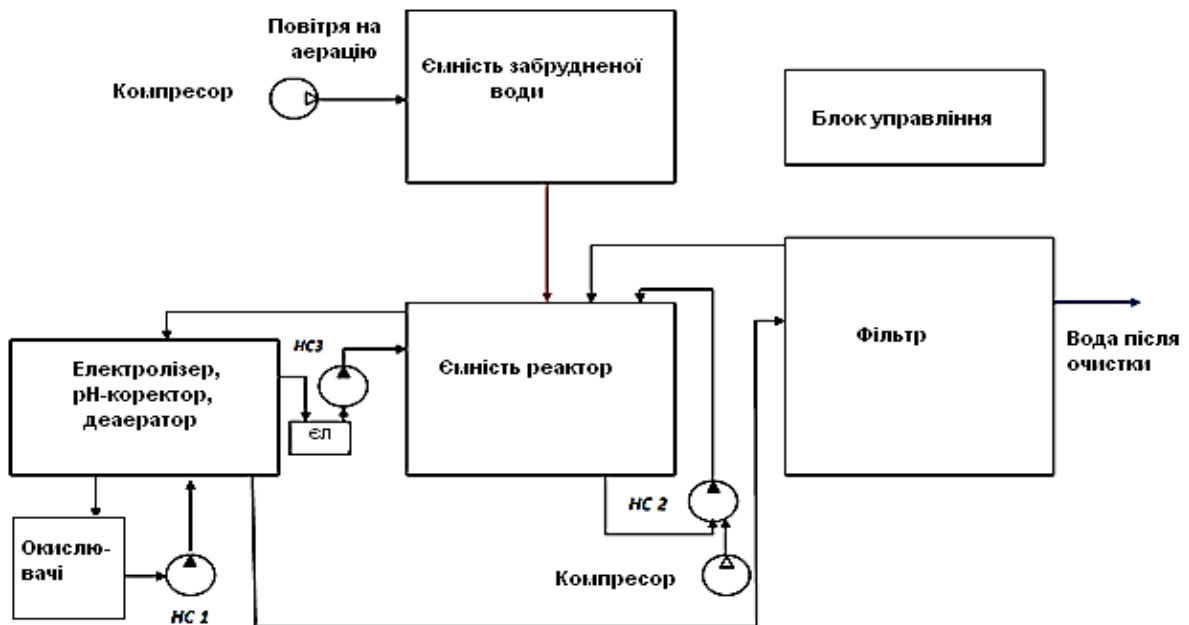


Рис. 4. Структурно-концептуальна схема технологічного обладнання РМЕСЕВ: НС – насос, ЄЛ – ємність-локалізатор

Керуючий вплив на значення забруднювачів – сила струму (напруга): на електролізері (рН-коректорі) і окислювачах (див. рис. 4). Інші елементи (насоси) працюватимуть у встановленому стаціонарному режимі, компресору на максимально можливій продуктивності [7] (рис.5).



Рис. 5. Структура проведення досліджень із використанням RMECEB

Після виконання експериментальних досліджень та розрахунку ефективності починається етап аналітичного дослідження (рис. 6) із використанням інтелектуальних рішень на основі нейромереж [3, 7].

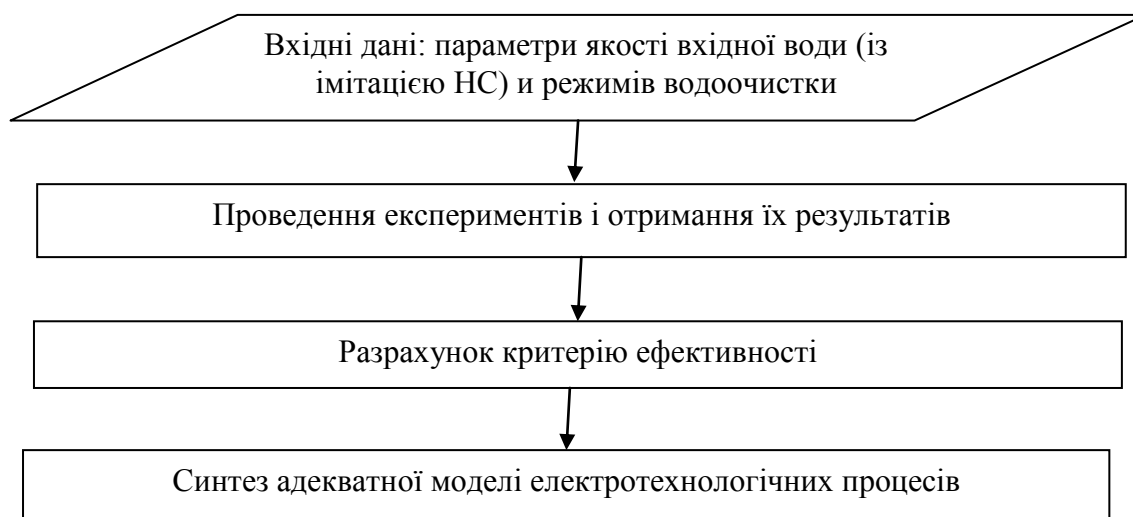


Рис. 6. Блок-схема алгоритму проведення досліджень ефективності комбінованої електротехнологічної водоочистки

Імітація дії нештатних ситуацій полягає у різких амплітудних змінах концентрацій забруднювачів, що може відбуватись у випадку залпових скидів небезпечних стоків, повеней, поломок обладнання тощо. Налаштування систем промислової водоочистки із використанням робочої міри здійснюється згідно СНіП 2.04.03-85 «Проектування споруд для очистки стічних вод» та документів, які деталізують вибір технологічних параметрів та режимів роботи водоочисного обладнання (рис. 7).

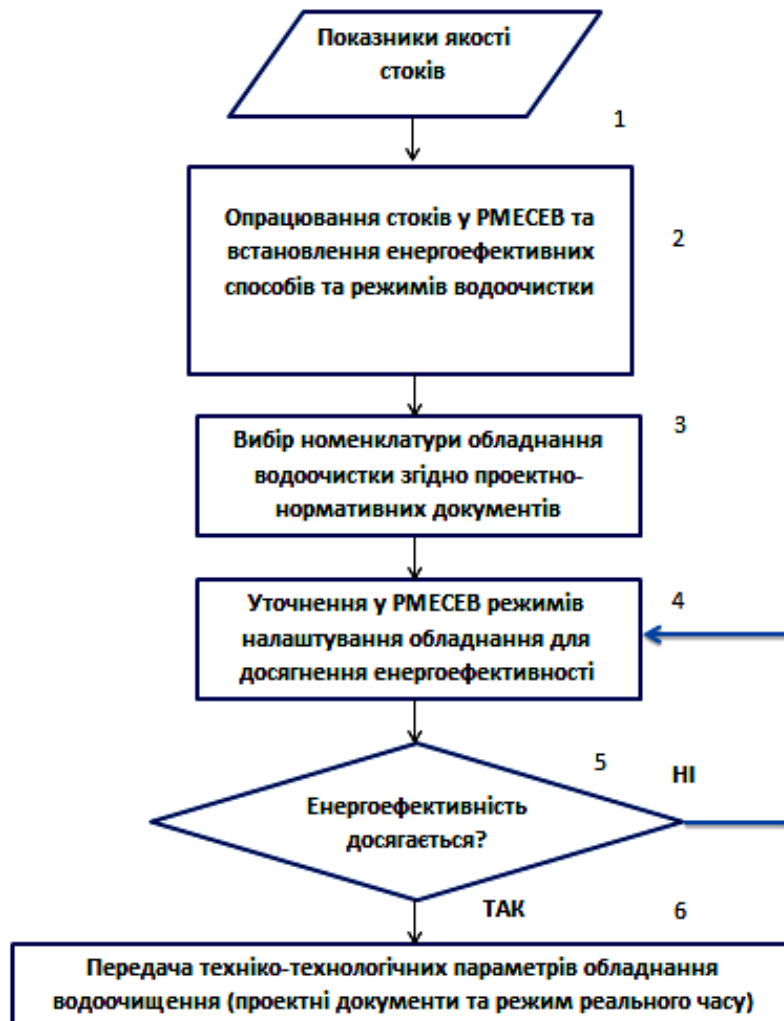


Рис.7. Послідовність налаштування обладнання електротехнологічної водоочистки із використанням РМЕСЕВ

У такій компоновці (див. рис. 3, 4) РМЕСЕВ дає можливість налаштувати промислові системи водоочистки, які використовують наступні базові способи:

- *біологічний*: через розрахунок подачі компресором кисню та відомих параметрів його окислюючої дії на органічні забруднювачі;
- *фізичний*: оцінюючи фільтрація через сорбційний фільтр;
- *хімічний*: шляхом встановлення ступеня окислення в окислювачах та ефективності коагуляції в ємності реакторів;

фізико-хімічний (ключовий метод РМЕСЕВ): оцінюючи роботу електролізера-рН-коректора та окислювачів.

Відповідно РМЕСЕВ можна застосовувати для корегування залежностей наведених у нормативних документах, реалізуючи об'єктно-орієнтовану концепцію проектування систем водоочистки на основі, наприклад, методів домінуючого динамічного забруднювача (ДДЗ) та перехресних впливів забруднювачів (ПВЗ) [4, 5].

Перерахунок від енергетичних витратних показників виконується згідно залежностей СНіП 2.04.03-85 «Проектування споруд для очистки стічних вод» та інших базових досліджень (табл. 1).

1. Перерахунок електроенергетичних витрат РМЕСЕВ у електрозгенеровані продукти прямої дії на забруднювачі

Елемент РМЕСЕВ	Кількісний показник продукт прямої дії	Спосіб встановлення кількості продукту прямої дії (через електроенергетичні показники)
Компресори	Кількість повітря	Паспортні дані компресора
Електрокоагулятор (рН-коректор)	Кількість реагенту (металу)	Закон Фарадея: $M = k \cdot I \cdot t$
	Кількість атомарного кисню та водню	Закон Фарадея: $M = k \cdot I \cdot t$
	Кількість аніонів та катіонів	Закон Фарадея: $M = k \cdot I \cdot t$
Електрохімічні окислювачі	Кількість атомарного кисню та водню	Закон Фарадея: $M = k \cdot I \cdot t$

Примітки:

1. M – маса отриманого продукту, k – електрохімічний еквівалент, I – сила струму, t – час протікання реакцій.

2. Пряма дія електричного струму не враховується, оскільки міжелектродні відстані значні (більше 10 мм) при незначній напрузі до 24 Вольт.

Використання РМЕСЕВ у режимі реального часу передбачає попереднє потрапляння стоків на робочу міру із корегування за результатами її функціонування параметрів основної системи водоочистки (рис. 8).

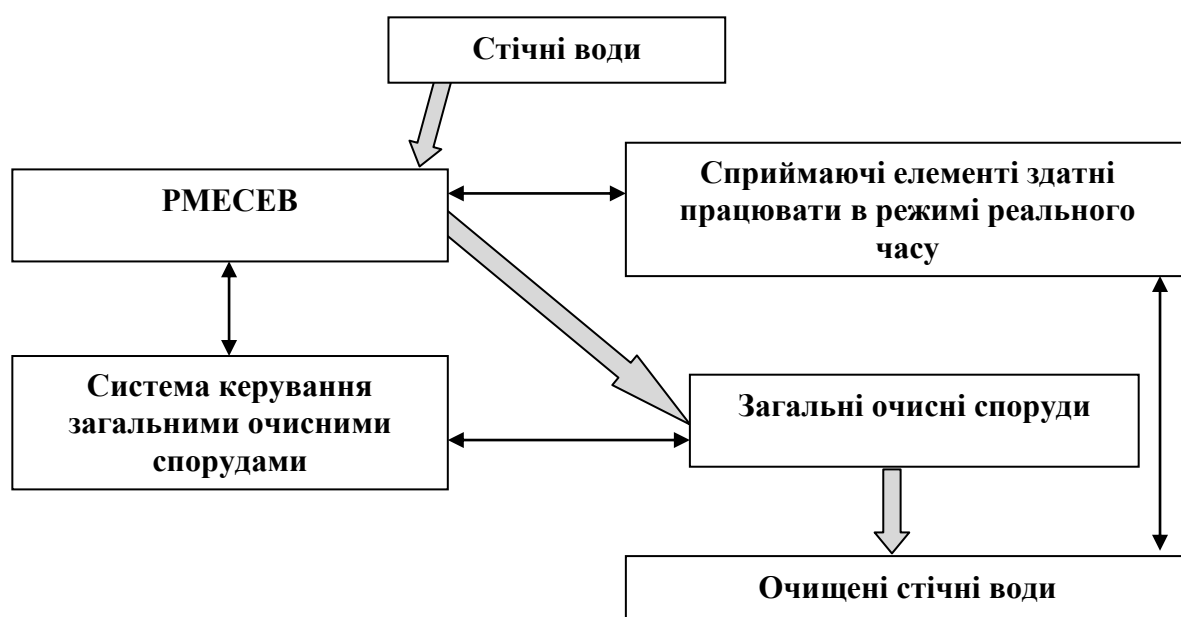


Рис. 8. Схема використання РМЕСЕВ у режимі реального часу із метою адаптації функціональних режимів основних очисних споруд

У запропонованій схемі (див. рис. 8) РМЕСЕВ виконує задачі:

- першочергового опрацювання стоків (частина опрацьованих вод не більше 1% від загального об'єму) із вибором ефективних режимів для функціонування основних очисних споруд;

- постійне корегування (адаптація) режимів основних очисних споруд методом порівняння якості стоків на їх виході із якістю стоків після проходження (опрацювання) РМЕСЕВ.

Висновки і перспективи. 1. Базуючись на сучасних інструментальних засобах фактично не можливо у режимі реального часу керувати системою водоочистки базуючись на сучасних засобах вимірювальної техніки, оскільки відбуватиметься або неякісне водоочищення і забруднення навколишнього природного середовища або нераціональне використання ресурсів (електроенергії, реагентів тощо).

2. Обґрунтована і створена РМЕСЕВ дозволяє забезпечувати проектування та використання у режимі реального часу комбінованих систем очистки стічних вод різногалузевих об'єктів.

Список літератури

1. Метрологія: теорія і нормативне забезпечення / О. І. Волков, О. М. Величко, Г. І. Хімичева; за заг. ред. А. С. Зенкіна. – К.: Вища школа, 2008. – 335 с.

2. Штепа В. Н. Концептуальные основы энергоэффективной системы управления комбинированными системами водоочистки / В. Н. Штепа // Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. Энергетика: научно-технический журнал. – 2016. – № 5. – С. 479 – 487.

3. Штепа В. М. Оцінка енергетичних характеристик процесів очищення стічних вод агропромислових підприємств електротехнічними комплексами / В. М. Штепа // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. – К.: НУБіП України. – 2014. – Вип. 194. – Частина 3. – С. 259 – 265.

4. Штепа В. М. Обґрунтування алгоритму експериментально-аналітичних досліджень режимів електротехнічної очистки стічних вод агропромислових об'єктів з метою побудови енергоефективних систем управління / В. М. Штепа // Енергетика і автоматика, 2012-01 (11), http://nbuv.gov.ua/j-pdf/eia_2014_2_10.pdf

5. Штепа В. М. Обґрунтування та розробка критерію енергоефективності функціонування електротехнологічних систем водопідготовки / В. М. Штепа, Ф. І. Гончаров, М. А. Сироватка // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Техніка та енергетика АПК: збірник наукових праць. – Київ: НУБіПУ, 2011. – Вип. 161. – С. 187–193.

6. Вертай С. П. Обоснование структуры и заданий системы поддержки принятия решений обобщённой оценки перспективности инновационных технологий / С. П. Вертай, В. Н. Штепа // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія : Техніка та енергетика АПК : збірник наукових праць. – Київ : Видавничий центр НУБіП України, 2016. – Вип. 240. – С. 86-93.

7. Штепа В. Н. Розробка методики створення технологічних регламентів комбінованих систем очищення стічних вод промислових об'єктів / В. Н. Штепа, Р. Е. Кот // Енергетика і автоматика : електронне наукове фахове видання. – 2017. – № 2 (32). – С. 89-99.

References

1. Volkov, O. I., Velychko, O. M., Khimicheva, H. I., red. A. S. Zenkin (2008). Metrolohiia: teoriia i normatyvne zabezpechennia [Metrology: theory and normative provision]. Kyiv: Vyshcha shkola, 335.

2. Shtepa, V. N. (2016). Kontseptual'nyye osnovy energoeffektivnoy sistemy upravleniya kombinirovannymi sistemami vodoochistki [Conceptual foundations of an energy-efficient control system for combined water treatment systems]. Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy i energeticheskikh ob'yedineniy SNG. Energetika: nauchno-tekhnicheskii zhurnal, 5, 479 – 487.

3. Shtepa, V. M. (2014). Otsinka energetichnikh kharakteristik protsesiv ochishchennya stichnikh vod agropromislovikh pidpriemstv elektrotekhnichnimi kompleksami [Estimation of energy characteristics of sewage treatment processes of agroindustrial enterprises by electrotechnical systems] Naukoviy visnik Natsional'nogo universitetu bioresursiv i prirodo koristuvannya Ukraïni, 194 (3), 259 – 265.

4. Shtepa V. M. (2012). Obruntuvannya algoritmu eksperimental'no-analichnikh doslidzhen' rezhimiv elektrotekhnichnoï ochistki stichnikh vod agropromislovikh ob'ektiv z metoyu pobudovi energoyefektivnikh sistem upravlinnya [Substantiation of algorithm of experimental and analytical researches of modes of electrical treatment of sewage of agro-industrial objects for the purpose of construction of energy-efficient control systems]. Energetika i avtomatika, 1 (11).

5. Shtepa, V. M., Honcharov, F. I., Syrovatka, M. A. (2011). Obhruntuvannya ta rozrobka kryteriiu enerhoefektyvnosti funktsionuvannya elektrotekhnologichnykh system vodopidhotovky [Justification and development of the criterion of energy efficiency of functioning of electro-technological systems of water treatment]. Naukovyi visnyk Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannya Ukrainy. Serii: Tekhnika ta enerhetyka APK, 161, 187–193.

6. Vertay, S. P., Shtepa, V. N. (2016). Obosnovaniye struktury i zadaniy sistemy podderzhki prinyatiya resheniy obobshchënoy otsenki perspektivnosti innovatsionnykh tekhnologiy [Justification of the structure and tasks of the decision support system of the generalized assessment of the prospects of innovative

technologies]. *Naukoviy visnik Natsional'nogo universitetu bioresursiv i prirodokoristuvannya Ukraïni. Seriya : Tekhnika ta energetika APK*, 240, 86-93.

7. Shtepa, V. N., Kot, R. E. (2017). *Rozrobka metodyky stvorennia tekhnolohichnykh rehlementiv kombinovanykh system ochyshchennia stichnykh vod promyslovykh ob'iektiv* [The development of methods for the technological technological regulation of the combined purification systems of the industrial waters of industrial waters]. *Enerhetyka i avtomatyka*, № 2 (32), 89-99.

ОБОСНОВАНИЕ РАБОЧЕЙ МЕРЫ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ВОДООЧИСТКИ

В. Н. Штепа

Аннотация. *Проанализированы современные аспекты использования технических основ метрологического обеспечения при реализации процессов очистки сточных вод разноотраслевых объектов, выявлены ключевые недостатки предлагаемых подходов и фактическую недостаточность номенклатуры средств измерительной техники этого технологического сегмента. Предложено создание рабочей меры эффективности систем электротехнологической водоочистки (РМЭСЭВ), которую можно было бы применять на этапах проектирования и оперативной корректировки функциональных режимов основного водоочистного оборудования. На основе электротехнологических технических средств удаления загрязнителей разработано аппаратное обеспечение РМЭСЭВ, основываясь на интеллектуальных математических решениях (нейронные сети) создано программное обеспечение такой рабочей меры. Синтезированы структурно-алгоритмические основы производственного применения РМЭСЭВ на этапах проектирования очистных сооружений и адаптации в режиме реального времени их функциональных параметров в зависимости от изменения рабочих условий измерения.*

Ключевые слова: *электротехнологический комплекс, экологическая безопасность, измерения, рабочие условия, непредсказуемость, водоочистка*

THE REASONING OF THE WORKING MEASURE OF THE EFFICIENCY OF ELECTROTECHNOLOGICAL WATER CLEANING

V. Shtepa

Abstract. *The modern aspects the use technical bases of the metrological support during implementation the sewage treatment processes of multipurpose objects are analyzed, key failings of the offered approaches and actual lack of the nomenclature measuring instruments this technological segment are revealed. It is proposed to create a working level of efficiency systems electrotechnological water treatment, which could be used at the stages designing and operational adjustment of the functional modes of the main water treatment equipment. On the basis of the electrotechnical technical means removing the pollutants, the hardware of the working*

level efficiency systems of the electrotechnological water treatment was developed, based on intelligent mathematical solutions (neural networks) software was created for such a work measure. Structurally-algorithmic bases of the production application of working level efficiency systems of the electrotechnological water treatment at the stages designing of treatment facilities and adaptation in real-time of their functional parameters, depending on the change in operating conditions of the measurement, are synthesized.

Key words: *electrotechnological complex, ecological safety, measurement, working conditions, unpredictability, water purification*