

УДК 628.3:621.3

**РОЗРОБКА МЕТОДИКИ СТВОРЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ  
РЕГЛАМЕНТІВ КОМБІНОВАНИХ СИСТЕМ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ  
ВОД ПРОМИСЛОВИХ ОБ'ЄКТІВ**

*В. М. Штена, кандидат технічних наук*

*Р. Є. Кот, науковий співробітник*

*Поліський державний університет, м. Пінськ, Республіка Білорусь*

*e-mail: [shns-4@bigmir.net](mailto:shns-4@bigmir.net)*

**Анотація.** Розглянуто ситуацію із об'ємами та якістю стічних вод водного господарства України; проаналізовано склад промислових стоків та їх небезпеку для навколишнього природного середовища. На базі підприємства малої металургії проведено виробничі дослідження використання комбінованого електротехнологічного обладнання водоочищення; підтверджено ефективність розроблених технічних рішень; реалізовано оборотне водопостачання підприємства із повторним використанням водних ресурсів у технологічних процесах. На основі отриманих результатів проаналізовані недоліки класичних підходів щодо створення технологічних регламентів систем очищення стічних вод; розроблено концепцію синтезу таких нормативних документів на основі уніфікованої мови моделювання UML. Створено методичку побудови технологічних регламентів установок очищення стічних вод із врахуванням дії нештатних ситуацій природного та техногенного характеру.

**Ключові слова:** *комбіноване електротехнологічне водоочищення, енергоефективність, нештатна ситуація, моделювання, технологічний регламент*

**Актуальність.** Згідно з даними "Національних доповідей про стан навколишнього середовища в Україні" Міністерства екології та природних ресурсів, щорічно неочищеними скидаються у поверхневі водойми близько 3 млрд. куб. метрів води.

Загалом забруднених стоків в Україні [1]: 1990 рік – 3,2 мільярдів м<sup>3</sup>, 2000 рік – 3,3 мільярдів м<sup>3</sup>, 2005 рік – 3,4 мільярдів м<sup>3</sup>, 2010 рік – 1,7 мільярдів м<sup>3</sup>. З

них без очищення скидається: 0,5 мільярдів м<sup>3</sup>, 0,8 мільярдів м<sup>3</sup>, 0,9 мільярдів м<sup>3</sup> (відповідно за роками).

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Промислові стоки складають приблизно 8-10 % загального обсягу стічних вод, але ступінь їх забруднення в процентному співвідношенні набагато вищий. Необхідно констатувати, що в останні роки обсяг промислових стоків зменшився на близько 30 %. Виробничі стічні води після відповідного очищення можуть бути повторно використані в технологічному процесі, для чого на багатьох промислових підприємствах створюються системи оборотного водопостачання або замкнуті (безстічні) системи водопостачання та каналізації, при яких виключається скидання будь-яких вод у водойми.

Відповідно, дуже актуальним є завдання розробки технологічних регламентів функціонування систем комбінованої електротехнологічної очищення промислових стічних вод [2].

**Мета дослідження** – обґрунтування та розробка методики створення технологічних регламентів комбінованих систем водоочищення з урахуванням дії нештатних ситуацій.

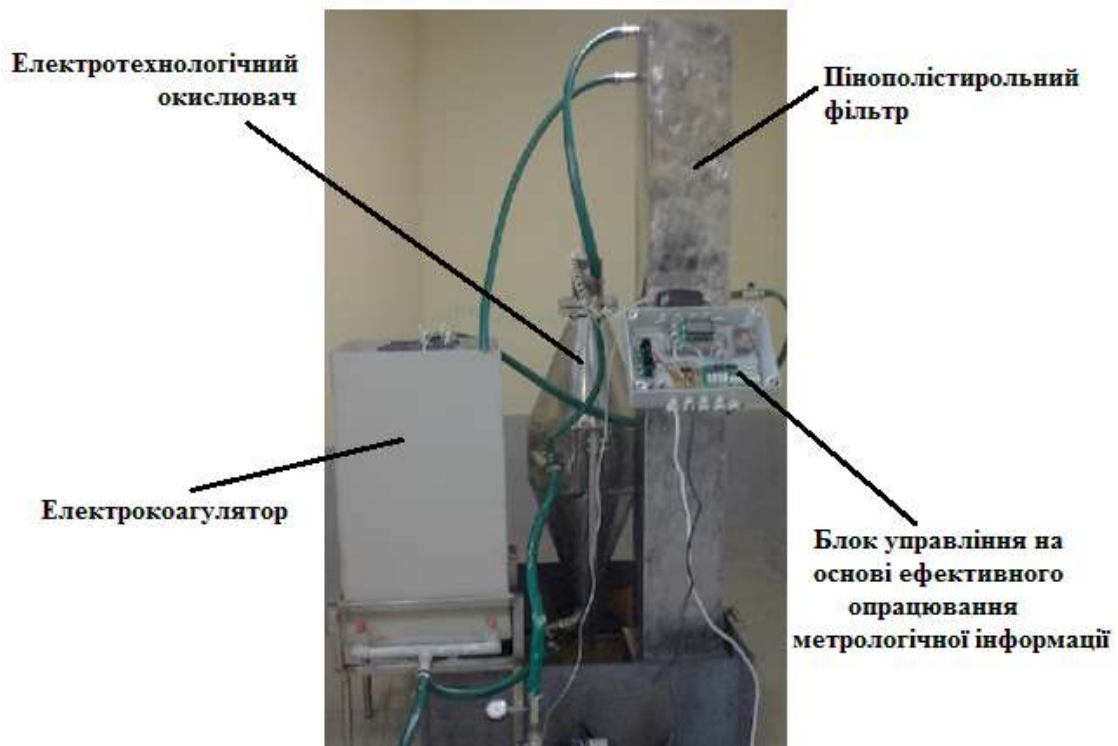
**Матеріали і методи дослідження.** Початково виконувалася виробнича апробація розроблених методів забезпечення енергоефективності комбінованого електротехнологічного водоочищення [3-5], яка виконувалася на підприємстві малої металургії, що займається утилізацією акумуляторних батарей та виплавою марочного свинцю. Стічні води, які потребують очищення – стоки від душових кабінок та пральних машин. Добова витрата – 18 м<sup>3</sup>/добу ( $\pm 2$  м<sup>3</sup>/добу). Вимоги до якості такої води: рН - 6,5-8,5 – не викликати хімічну корозію металевих конструкцій ємностей, насосів, трубопроводів і запірно-регулюючої арматури; концентрація зважених часток не більше 30-40 мг/л і концентрація частинок, здатних обволікати продукти переробки АКБ і змінювати їх щільність (СПАР) на рівні допустимої концентрації в питній воді

(для безперешкодного розділення за видами пластмас, що входять до складу акумуляторів, в ємностях гідравлічної сепарації).

Ключові штатні забруднювачі стоків: СПАР; зважені речовини; азот амонійний; нафтопродукти.

Такі забруднювачі викликають погіршення якості води за такими показниками: БСК (ХСК) (максимальні кількості кисню (БСК), споживані 1 мг/дм<sup>3</sup> різних СПАР досягають 1,6 мг/дм<sup>3</sup>); рН; загальна жорсткість; зважені речовини (емульговані і неемульговані забруднення, волокна тканин).

Загальна схема електротехнологічного обладнання (рис. 1), встановленого у підвальному приміщенні, відповідає концепції Патенту України № 95201 (МПК Е 03 В 7/00 (2014.01); номенклатура системи управління – Патенту України № 95200 (МПК G 05 В 13/00 (2006.01)) із інтелектуальним блоком опрацювання метрологічної інформації.

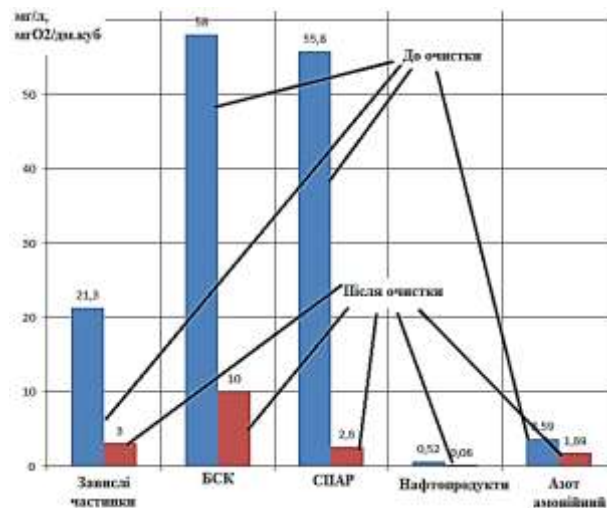


**Рис. 1. Зовнішній вигляд та структура комбінованої електротехнологічної установки очищення стічних вод підприємства малої металургії на основі ефективного опрацювання метрологічної інформації**

Нештатні ситуації можуть бути викликані потраплянням непередбачуваних забруднювачів у стічні води (решта ситуацій, як наприклад, одночасне використання всіх кабінок) у цілому враховано на стадії проектування. До таких забруднювачів відноситься токсичний елемент свинець, який може потрапити на одяг працівників біля технологічних агрегатів, а потім буде змитий в душі. З цією метою електрокоагулятор виконує функції рН-корекції до лужних розчинів з подальшою нейтралізацією стоків.

Налаштування обладнання на виконання критерію енергоефективності [6] дозволило виконувати вимоги щодо забезпечення якості водоочищення при мінімізації ресурсозатрат – критерій енергоефективності протягом місяця (березень 2017 року) мав відхилення від нуля  $\pm 3,4\%$ .

Під час функціонування комбінованої електротехнологічної установки водоочищення (рис. 2) не було зафіксовано виходу за межі технологічних (екологічних) вимог щодо якості води. Отримано фактичні фінансові витрати (22 робочі дні, 402 м<sup>3</sup>/місяць) становили порядку 100 доларів (0,24 долари/1 м<sup>3</sup>).



**Рис. 2. Результати комбінованого електротехнологічного очищення стічних вод підприємства малої металургії на основі ефективного опрацювання метрологічної інформації**

Для порівняння, вартість реагентної очистки таких стоків – від 0,5 доларів на 1 м<sup>3</sup>. Із врахуванням мінімальності наявних площ інші способи у якості аналогів не розглядались.

Виробниче впровадження енергоефективних методів обґрунтування та впровадження комбінованих електротехнологічних установок видалення із водних розчинів забруднювачів дозволили підприємству виконати екологічні вимоги щодо якості водоскиду, реалізувавши при цьому схему ресурсозберігального водозабезпечення – очищена вода повторно використовувалась у технологічних процесах.

Отримані результати виробничого використання обладнання дозволили сформулювати концепцію щодо методики створення відповідних технологічних регламентів.

**Результати досліджень.** Узагальнено, технологічний регламент (ТР) – документ внутрішнього користування [1], відноситься до системи технологічної документації (до Єдиної системи технологічної документації (ЄСТД), яка, в свою чергу, входить до складу Єдиної системи технологічної підготовки виробництва (ЄСТПВ).

Технологічний регламент повинен сприяти протіканню процесів належної (запланованої) якості з мінімальною витратою використовуваних ресурсів, тобто сприяти досягненню оптимальних техніко-економічних показників виробництва, встановлювати найбільш безпечні способи ведення робіт, регулювати умови виробничих процесів та експлуатації виробництва в цілому.

Класичними недоліками методики розробки ТР систем водоочищення є [1]:

– при розробці технологічних регламентів не враховується дія нештатних ситуацій техногенного та природного походження на процеси водоочищення, розраховується лише «постдія» – мінімізація наслідків після виникнення аварії;

– комплексно не враховуються вимоги енергоефективності (2.9) та фінансових складових експлуатації водоочисних установок.

При цьому фактично не існує єдиного алгоритму написання ТР для комбінованих систем, де поєднуються різні методи дії на забруднювачі – що викликає значні практичні проблеми при створенні ефективних систем, здатних працювати протягом тривалого часу.

Запропонована методика створення ТР базується на виробничих дослідженнях та нотаціях уніфікованої мови моделювання UML, яка не залежить від технологій і використовується для моделювання систем, в тому числі багатопараметричних, за допомогою об'єктно-орієнтованих парадигм. Послідовність розробки регламентних документів створюється як універсальна без прив'язки до видів ТР (постійних, тимчасових і разових) та конкретного обладнання, що встановлюється на підприємствах; будується як удосконалена на основі апробованих підходів.

Оцінка виробничо-лабораторних досліджень [2-5] та аналіз робіт інших авторів [1] продемонстрував – розробка якісного ТР власними силами підприємств за прийнятний термін фактично не можлива, що викликано складністю та багатопараметричністю задачі, відсутністю відповідного наукового-технічного дослідного обладнання та висококваліфікованих спеціалістів.

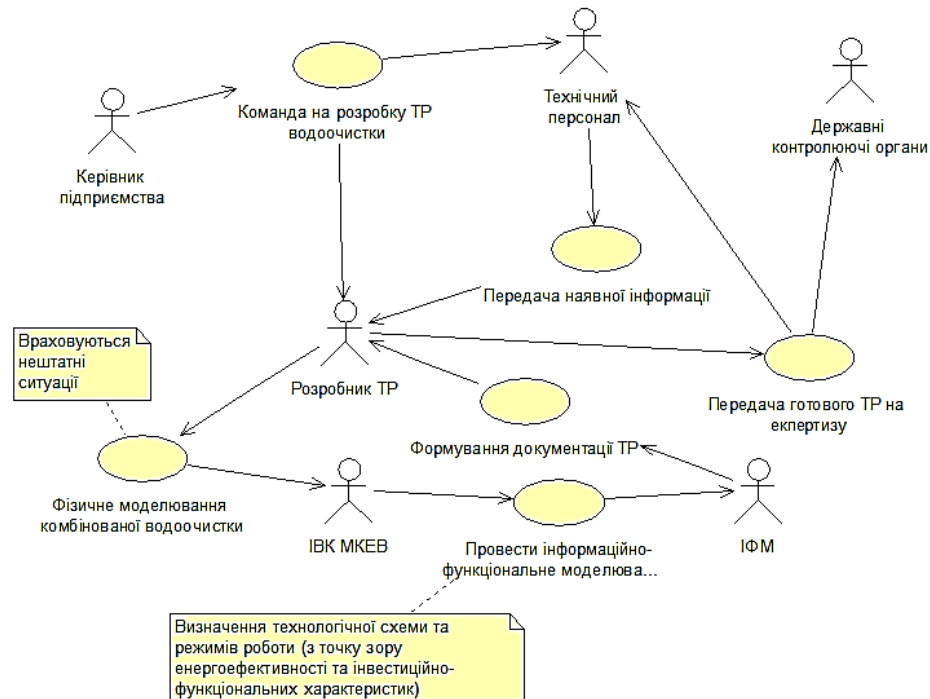
Тобто встановлюємо, що в системі є «актори-люди», які у нашому випадку будуть інтегрувати в собі групи фахівців:

- розробник ТР (інститут, фірма тощо);
- технічний персонал (служби технічного директора/головного інженера);
- керівник підприємства;
- державні контролюючі органи.

Крім них є відповідні «актори зовнішні системи»:

- інформаційно-вимірвальний комплекс моделювання комбінованого електротехнологічного водоочищення;
- інформаційно-функціональні моделі.

Прецедент розглядатимемо лише один – «Розробка ТР», виходячи із того, що проміжні прецеденти (методи вимірювання метрологічної інформації, методи інтелектуального моделювання процесів комбінованого електротехнологічного водоочищення, проектування обладнання очищення стоків тощо) обґрунтовувалися, розроблялися, технологічно визначалися імітаційним моделюванням [2-6] та пройшли виробниче впровадження.



**Рис. 3. Діаграма варіантів використання (нотація UML) при створенні ТР комбінованого електротехнологічного очищення стічних вод різногалузевих промислових об'єктів**

Етапи розробки ТР (рис. 2) комбінованого електротехнологічного очищення стічних вод різногалузевих промислових об'єктів ітераційні і повторюються при створенні документу з метою розробки:

- технологічної схеми та функціональних режимів усунення дії потенційних нештатних ситуацій природного та техногенного характеру;
- номенклатури та режимів роботи комбінованого водоочисного обладнання на основі комплексного врахування інвестиційно-фінансових та енергоефективних критеріїв.

Звичайно ТР можуть бути переглянуті в разі:

- уведення в дію нових нормативів з промислової безпеки, охорони навколишнього природного середовища, положенням та обмеженням яких не відповідає (суперечить) діючій ТР;
- наявності змін у технології та обладнанні процесу, які потребують внесення змін до значної кількості розділів і пунктів ТР.

У випадку використання розробленої методики рекомендується передбачити постійну співпрацю та періодичний моніторинг ситуації із енергоефективністю та інвестиційно-фінансовими показниками роботи обладнання.

Потрібно створити два варіанти прецеденту «Розробка ТР», оскільки можливі два стани: проектування очисних споруд нового підприємства (стадія «Проект») та модернізація функціонуючих очисних споруд. Відмінності будуть полягати лише у кількох подіях основного потоку інформації.

### **Висновки**

Створена методика розробки технологічних регламентів систем очищення стічних вод за рахунок використання обладнання моделювання комбінованих електротехнологій водоочищення та інтелектуального інформаційно-функціонального моделювання дозволить усунути класичні недоліки створення таких документів і враховувати дію нештатних ситуацій техногенного та природного походження, комплексно встановити вимоги щодо



енергоефективності та інвестиційно-фінансових складових експлуатації водоочисних установок.

### Список літератури

1. Мазоренко Д. І. Інженерна екологія сільськогосподарського виробництва / Мазоренко Д. І., Цапко В. Г., Гончаров Ф. І. та ін. – К.: Знання, 2006. – 376 с.

2. Штепа В. М. Дослідження динамічних властивостей електрокоагулятора як об'єкта управління / В. М. Штепа // Енергетика і автоматика, 2009. – №2 (02).  
Режим доступу:

[http://www.nbu.gov.ua/e%2Djournals/eia/2009\\_2/09svmooc.pdf](http://www.nbu.gov.ua/e%2Djournals/eia/2009_2/09svmooc.pdf)

3. 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.

4. 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, ч. 3. – С. 259 – 265.

5. 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. – №1 (11). Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/j-pdf/eia\\_2014\\_2\\_10.pdf](http://nbuv.gov.ua/j-pdf/eia_2014_2_10.pdf)

6. 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. – 2011. – Вип. 161. – С. 187–193.

### References

1. Mazorenko, D. I., Czapko, V. G., Goncharov, F. I. (2006). Inzhenerna ekologiya sil's'kogospodars'kogo vy`robny`cztva [Agricultural Engineering Environment ] Kyiv: Znannya, 376.

2. Shtepa, V. M. (2009). Doslidzhennya dynamichnyx vlastyvostej elektrokoagulyatora yak ob'yekta upravlinnya [Investigation of dynamic properties of a control object electrocoagulator]. Energetyka i avtomatyka, 2 (02). Available at: [http://www.nbu.gov.ua/e%2Djournals/eia/2009\\_2/09svmooc.pdf](http://www.nbu.gov.ua/e%2Djournals/eia/2009_2/09svmooc.pdf)

3. 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-tehnicheskij zhurnal, 5, 479 – 487.

4. Shtepa, V. M. (2014). Ocinka energetychnyx karakterystyk procesiv ochyshhennya stichnyx vod agropromyslovyx pidpryyemstv elektrotexnichnymy kompleksamy [Evaluation of energy characteristics of wastewater treatment processes agricultural enterprises Electrotechnical complexes] Naukovyj visnyk Nacionalnogo universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannya Ukrayiny, 194 (3), 259 – 265.

5. Shtepa, V. M. (2012). Obg`runtuvannya algory`tmu ekspery`mental`no-anality`chny`x doslidzhen` rezhy`miv elektrotexnichnoyi ochy`stky` stichny`x vod agropromy`slovy`x ob'yektiv z metoyu pobudovy` energoefekty`vny`x sy`stem upravlinnya [Justification algorithm experimental and analytical studies of electrical regimes agricultural wastewater treatment facilities to build energy-efficient control systems]. Energetyka i avtomatyka, 1 (11). Available at: [http://nbuv.gov.ua/j-pdf/eia\\_2014\\_2\\_10.pdf](http://nbuv.gov.ua/j-pdf/eia_2014_2_10.pdf).

6. Shtepa, V. M., Goncharov, F. I., Syrovatka, M. A. (2011). Obgruntuvannya ta rozrobka kryteriyu energoefektyvnosti funkcionuvannya elektrotexnologichnyh system vodopidgotovky [Justification and development of energy efficiency criteria electro-technological water treatment systems]. Naukovyj visnyk Nacionalnogo universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannya Ukrayiny`. Seriya: Tekhnika ta energetyka APK, 161, 187–193.

## **РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ СОЗДАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕГЛАМЕНТОВ КОМБИНИРОВАННЫХ СИСТЕМ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ**

***В. Н. Штепа, Р. Е. Кот***

**Аннотация.** *Рассмотрена ситуация с объемами и качеством сточных вод водного хозяйства Украины; проанализирован состав промышленных стоков и их опасность для окружающей природной среды. На базе предприятия малой металлургии проведения производственные исследования использования комбинированного электротехнологического оборудования водоочистки; подтверждена эффективность разработанных технических решений и реализовано обратное водоснабжение предприятия с повторным использованием водных ресурсов в технологических процессах. На основе полученных результатов проанализированы классические подходы к созданию технологических регламентов систем очистки сточных вод; разработана концепция синтеза таких нормативных документов на основе унифицированного языка моделирования UML. Создана методика построения технологических регламентов установок очистки сточных вод с учетом действия нештатных ситуаций природного и техногенного характера.*

**Ключевые слова:** *комбинированная электротехнологическая водоочистка, энергоэффективность, нестандартная ситуация, моделирование, технологический регламент*

**DEVELOPMENT OF THE METHOD OF CREATION OF TECHNOLOGICAL REGULATIONS OF COMBINED SYSTEMS OF WASTEWATER TREATMENT OF INDUSTRIAL OBJECTS**

*V. N. Shtepa, R. E. Kot*

**Abstract.** *Consider the situation of volumes and quality of the sewage water in Ukraine; analyzed components of the industrial effluents and their danger to the environment. On the basis of small enterprises manufacturing industry conducted studies using the combined electro-technological water treatment equipment; confirmed the effectiveness of the developed technical solutions; implemented water recycling enterprise reuse of water in industrial processes. Based on the results analyzed shortcomings of classical approaches to establish technical specifications wastewater treatment systems; the concept of synthesis of such regulations based on the Unified Modeling Language (UML). The method of constructing technical specifications wastewater plants, taking into account actions of the emergency situations natural and manmade.*

**Key words:** *combined electro-technological water treatment, energy efficiency, troubleshooting, design, production schedules*