УДК 628.3:621.3
DOI: 10.15587/2312-8372.2020.196948

ОБГРУНТУВАННЯ ЕКОЛОГО-ЕНЕРГЕТИЧНОГО ПІДХОДУ ДО УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РЕГЛАМЕНТІВ СИСТЕМ ВОДООЧИЩЕННЯ

Штепа В. М., Пляцук Л. Д., Аблєєва І. Ю., Гурець Л. Л., Шерстюк М. М., Пономаренко Р. В.

ОБОСНОВАНИЕ ЭКОЛОГО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПОДХОДА СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕГЛАМЕНТОВ СИСТЕМ ВОДООЧИСТКИ

Штепа В. Н., Пляцук Л. Д., Аблеева И. Ю., Гурец Л. Л., Шерстюк Н. Н., Пономаренко Р. В.

SUBSTANTIATION OF THE ENVIRONMENTAL AND ENERGY APPROACH OF IMPROVEMENT OF TECHNOLOGICAL REGULATIONS OF WATER TREATMENT SYSTEMS

Shtepa V., Plyatsuk L., Ablieieva I., Hurets L., Sherstiuk M., Ponomarenko R.

Об'єктом дослідження є екологічна безпека споруд очищення стічних вод при мінімізації ресурсовитрат на реалізацію технологічних процесів видалення забруднювачів із стоків. Існують фактори, які комплексно створюють передумови щодо неефективності діяльності із підтримання екологічної безпеки систем очищення стічних вод, а відповідно, і складності реалізації їх технічного регулювання. До таких чинників відносяться:

– відсутність у режимі реального часу повноти інформації щодо конкретного комбінованого процесу водоочищення, складність його адекватного дослідження навіть у лабораторних умовах;

– відсутність і/або низькі точність та швидкодія сучасних технічних засобів вимірювань складу водних розчинів, особливо у промислових умовах.

Усунення впливу негативних чинників досягається шляхом удосконалення науково-теоретичних засад створення технологічних регламентів споруд очищення стічних вод при підвищенні екологічної безпеки промислових об'єктів з урахуванням вимог зменшення ресурсовитрат згідно концепції синтезу систем екологічного менеджменту.

Обґрунтовано та аналітично отримано еколого-енергетичний критерій оцінки функціонування споруд очищення стічних вод. Аналіз результатів виробничого впровадження дозволив констатувати, що еколого-енергетичний критерій, який показує питомі енергозатрати для забезпечення екологічної безпеки водоочищення, прийнятно застосовувати при налаштуванні промислових систем водоочищення та створенні їх технологічних регламентів. Протягом місяця

виробничих досліджень значення еколого-енергетичного критерію мали відхилення від заданого на ±3,4 %, що є технологічно прийнятним показником.

Удосконалена концепція постановки інтегрованих цілей досягнення екологічно безпечного водовідведення згідно міжнародних систем оцінки якості управління підприємствами на основі еколого-енергетичного критерію створює передумови для отримання сертифікату ISO 14001. Впровадження систем екологічного менеджменту забезпечить:

– зниження фінансових витрати за рахунок економії природних ресурсів і зменшення штрафних санкцій;

– зростання прибутку завдяки потенційній реалізації повторного використання водних ресурсів.

Ключові слова: *очищення стічних вод, видалення забруднювачів, екологічно безпечне водовідведення, екологічний менеджмент.*

Объектом исследования является экологическая безопасность сооружений очистки сточных вод при минимизации ресурсозатрат на реализацию технологических процессов удаления загрязнителей со стоков. Существуют факторы, которые комплексно создают предпосылки для неэффективности деятельности по поддержанию экологической безопасности систем очистки сточных вод, а соответственно, и сложности реализации их технического регулирования. К таким факторам относятся:

– отсутствие в режиме реального времени полноты информации относительно конкретного комбинированного процесса водоочистки, сложность его адекватного исследования даже в лабораторных условиях;

– отсутствие и/или низкие точность и быстродействие современных технических средств измерений состава водных растворов, особенно в промышленных условиях.

Устранение влияния негативных факторов достигается путем совершенствования научно-теоретических основ создания технологических регламентов сооружений очистки сточных вод при повышении экологической безопасности промышленных объектов с учетом требований уменьшения ресурсозатрат согласно концепции синтеза систем экологического менеджмента.

Обосновано и аналитически получено эколого-энергетический критерий оценки функционирования сооружений очистки сточных вод. Анализ результатов производственного внедрения позволил констатировать, что эколого-энергетический критерий, показывающий удельные энергозатраты для обеспечения экологической безопасности водоочистки, приемлемо применять при настройке промышленных систем водоочистки и создании их технологических регламентов. В течение месяца производственных исследований значения эколого-энергетического критерия имели отклонения от заданного на ±3,4 %, что является технологически приемлемым показателем.

Усовершенствованная концепция постановки интегрированных целей достижения экологически безопасного водоотведения согласно международным системам оценки качества управления предприятиями на

основе эколого-энергетического критерия создает предпосылки для получения сертификата ISO 14001. Внедрение систем экологического менеджмента обеспечит:

– снижение финансовых расходы за счет экономии природных ресурсов и уменьшения штрафных санкций;

– рост прибыли благодаря потенциальной реализации повторного использования водных ресурсов.

Ключевые слова: *очистка сточных вод, удаление загрязнителей, экологически безопасное водоотведение, экологический менеджмент.*

1. Вступ

Робота обладнання водоочищення ґрунтується на реалізації технологічного регламенту (ТР) – нормативного документу внутрішнього користування [1, 2], який відноситься до системи технологічної документації (Єдиної системи технологічної документації (ЄСТД)), яка, в свою чергу, входить до складу Єдиної системи технологічної підготовки виробництва (ЄСТПВ) [3].

Технологічний регламент повинен сприяти протіканню процесів належної (запланованої) якості з мінімальною витратою використовуваних ресурсів. При цьому він повинен сприяти досягненню оптимальних техніко-економічних показників виробництва, регулювати умови виробничих процесів та експлуатації виробництва в цілому [3]. Обов’язковість наявності такого документу на об’єктах водовідведення, куди входять і обладнання водоочищення, передбачено чинним Наказом Державного комітету України по житлово-комунальному господарству № 30 від 05.07.1995 р. У контексті технічного регулювання систем водоочищення технологічний регламент – обов'язкова умова безперебійного функціонування комплексу водоочисного обладнання із обов’язковим виконанням умов екологічної безпеки при мінімізації ресурсовитрат. Разом із тим на виробничих об’єктах існують фактори, котрі систематично негативно впливають на виконання зазначених умов: недостатня номенклатура вимірюючих пристроїв, потенційна дія непередбачуваних чинників природного та техногенного характеру.

При цьому не достатньо об’єктно-орієнтовані ТР можуть призвести до неякісного функціонування очисних споруд і, відповідно, до забруднення навколишнього природного середовища.

Саме тому актуальним є створення та впровадження нових підходів щодо удосконалення створення та дотримання ТР очисних споруд.

2. Об’єкт дослідження та його технологічний аудит

Об’єкт дослідження – екологічна безпека споруд очищення стічних вод при мінімізації ресурсовитрат на реалізацію технологічних процесів видалення забруднювачів із стоків.

Згідно із Законом України «Про технічні регламенти та оцінку відповідності» [4] визначеною вимогою об’єкта являється заявлена потреба чи очікування, які зафіксовані в технічних регламентах, стандартах, технічних специфікаціях або у інший спосіб. Разом із тим об’єктом відповідності є

конкретний матеріал, продукція, установка, процес, послуга, система, відповідно, такому визначенню відповідають і споруди очищення стічних вод (СОСВ). Отже, стосовно них потрібно реалізовувати випробування (визначення характеристик об'єкта оцінки) та встановлювати оцінку їх відповідності відповідним нормативним документам (процес доведення того, що вимоги, які стосуються продукції, процесу, послуг, систем були виконанні).

Обов'язкові складові ТР, вимогам яких мають відповідати діючі СОСВ:

– характеристика та особливості роботи очисних споруд;

– контроль якості стоків на вході в обладнання та очищених стічних вод на скиді;

– відомості про: обсяг водоскиду, споживання електроенергії та інших енергоносіїв, застосовуваних для забезпечення сталої роботи системи видалення забруднювачів із стоків.

Разом із тим існують фактори, які комплексно створюючи передумови щодо неефективності метрологічної діяльності із забезпечення єдності вимірювань реалізації оцінки відповідності СОСВ, а відповідно і складності реалізації технічного регулювання [5] на основі ТР:

– некеровані та непередбачувані дії надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру;

– відсутність у режимі реального часу повноти інформації щодо конкретного комбінованого процесу водоочищення, складність його адекватного дослідження навіть у лабораторних умовах;

– відсутність і/або низькі точність та швидкодія сучасних технічних засобів вимірювань складу водних розчинів, особливо у промислових умовах.

3. Мета та задачі дослідження

Мета дослідження – удосконалення науково-теоретичних засад створення технологічних регламентів споруд очищення стічних вод при підвищенні екологічної безпеки промислових об'єктів з урахуванням вимог зменшення ресурсовитрат згідно концепції впровадження систем екологічного менеджменту.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати такі задачі:

1. Теоретично обґрунтувати еколого-енергетичний критерій водоочищення.

2. Виробничо перевірити еколого-енергетичний критерій функціонування споруд очищення стічних вод.

3. Удосконалити методику створення технологічних регламентів споруд очищення стічних вод на основі еколого-енергетичного критерію згідно концепції систем екологічного менеджменту (СЕМ).

4. Дослідження існуючих рішень проблеми

Аналізуючи структури різних технологічних регламентів виокремимо роботи, які входять в структуру такого регламенту [6]:

– перевірка та налаштування компонентів комплексу очищення води [7];

– діагностика вузла (вузлів) автоматики;

– експрес аналізи рідини на вході і виході установки водоочищення (або відповідні дослідження в лабораторних умовах);

– діагностика контрольно-вимірювальних приладів якості води та стану технологічного обладнання;

– регламент насосного обладнання за тиском і витратами;

– діагностика окремих функціонально-технологічних агрегатів водоочищення (фільтри, електролізери, аеротенки, пісколовки тощо);

– фінальна перевірка працездатності комплексу з повним контролем всіх вузлів;

– обстеження прилеглих вузлів на предмет цілісності;

– формування офіційного висновку про стан пристрою.

Аналізуючи склад технологічних регламентів та особливості функціонування водоочисного обладнання, можна зробити висновки, що ключовими та дуже складними завдання, при виконанні технологічного регламенту безпосередньо на виробництві, являються [8]:

– контроль технологічних процесів у проектно встановлених точках відбору проб стічної води та осаду, характеристик існуючих приборів контролю очисних споруд [9];

– технологічний аналіз роботи обладнання згідно виробничих експлуатаційних показників, витрат ресурсів, ефективності очищення згідно регламентно встановлених критеріїв та показників [10].

При чому чим складніше завдання водоочищення, тим більш громіздкий та менш надійний (ефективний) контроль за дотриманням регламентних вимог. Наприклад, при реалізації технологічної схеми хімічного способу видалення забруднювачів міжнародного концерну «Siemens», необхідно одночасно контролювати більше 40 технологічних величин (згідно вимог виробника та фактичної наявності невеликої кількості надійних датчиків) [11].

Разом із тим стоки (побутові, виробничі та атмосферні) містять зазвичай велику кількість неорганічних і органічних компонентів [12], точний склад їх, навіть в якісному відношенні, не завжди можна заздалегідь передбачити – у переважній більшості випадків це зробити неможливо. Наприклад, навіть при простому змішуванні стоків від різних цехів підприємства відбуваються хімічні реакції між компонентами цих стоків, що призводять до утворення нових речовин-забруднювачів.

Водночас розроблення аналогічних європейських нормативних документів є більш об’єктно-орієнтованим і базується на системі дозволів на скиди [13]:

– з урахуванням характеристик найкращої практично застосовної технології (best available technology, BAT) [14];

– з урахуванням необхідності забезпечення відповідності нормативам якості навколишнього середовища (environmental qulity standards – EQSs), що є частиною мети щодо забезпечення якості водоприймача [15].

Разом із тим класичні недоліки методики розробки ТР для систем водоочищення [16], стосуються і закордонних нормативних рішень:

– при розробленні технологічних регламентів не враховується дія надзвичайних ситуацій (НС) техногенного та природного походження на процеси водоочищення, розраховується лише «постдія» – мінімізація наслідків після виникнення аварії;

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

При цьому фактично не існує єдиного алгоритму написання ТР для

комбінованих СОСВ, де поєднуються різні методи дії на забруднювачі – що викликає значні практичні проблеми при створенні ефективних екологічних безпечних систем здатних працювати протягом тривалого часу.

Підсумовуючи вищенаведений аналіз досліджень інших авторів, слід відзначити відсутність уніфікованих підходів створення технологічних регламентів СОСВ та фактичну відсутність врахування у них комплексних еколого-енергетичних вимог. Це підкреслює перспективність дослідження із розроблення методики із впровадження систем екологічного менеджменту стосовно водоочищення.

5. Методи дослідження

Методичне забезпечення подальших досліджень базується на усуненні виявлених ключових недоліків існуючих ТР згідно забезпечення вимог ресурсоощадності щодо СОСВ (табл. 1).

Таблиця 1

Методичні засади удосконалення структурних складових сучасних технологічних регламентів споруд очищення стічних вод

Сучасні аналоги ТР	Обґрунтований ТР на основі ресурсоощадності та врахування ризиків НС
1	2
Преамбула. Технологічний регламент повинен чітко висвітлювати поетапно весь процес відведення, збору та очищення стічних вод	*Преамбула.* Технологічний регламент повинен чітко висвітлювати поетапно весь процес відведення, збору та очищення стічних вод населених пунктів із заходами на кожному із таких етапів щодо дотримання ресурсоощадності та протидії ризикам виникнення НС
Відомості про параметри та якість водоскиду	Водний технологічний паспорт підприємства із вказанням джерел забруднення (у тому числі технологічних процесів) та потенційних ризиків виникнення НС
Характеристика та особливості роботи системи водовідведення	Характеристика та особливості роботи системи водовідведення із вказанням на кожному етапові заходів щодо дотримання ресурсоощадності та протидії ризикам виникнення НС
Характеристика та особливості роботи очисних споруд	Характеристика та особливості роботи очисних споруд із вказанням на кожному етапові заходів щодо дотримання ресурсоощадності та протидії ризикам виникнення НС, акцентуючи увагу на системах автоматизації

Не для розповсюдження

Продовження таблиці 1

1	2
Контроль якості очищених стічних вод на скиді (з якою періодичністю та якими лабораторіями здійснюється контроль)	Контроль якості очищених стічних вод на скиді та на вході в очисні споруди (з якою періодичністю та якими лабораторіями здійснюється контроль). А також із обов'язковим включенням технічного та програмного забезпечення, здатного контролювати у режимі реального часу: якість стоків на різних етапах видалення забруднювачів, ресурсоощадність водоочищення та водовідведення
Заходи аварійно-відновлювальних робіт	Заходи аварійно-відновлювальних робіт та превентивної протидії аварійним ситуаціям
Висновок щодо наявності на підприємстві відповідних ресурсів для якісного та сталого забезпечення водовідведення та водоочищення	Висновок щодо наявності на підприємстві відповідних ресурсів для якісного та сталого забезпечення водовідведення та водоочищення

Обґрунтовування еколого-енергетичного критерію доцільно виконати на основі положень ДСТУ ISO 50001:2014 «Системи енергетичного менеджменту»:

– пункт 3.8: Енергоефективність (енергетична ефективність) – співвідношення (коефіцієнт) або інший кількісний взаємозв'язок між отриманим результатом (вихідний показник), тобто між виконаною роботою, послугами, товарами чи енергією та вхідним показником;

– пункт 3.12: Енергетичні характеристики – вимірювані результати стосовно енергетичної ефективності, використання енергії та споживання енергії;

– пункт 4.6.1: Організація має забезпечити періодичне проведення моніторингу, вимірювання та аналізу ключових характеристик своїх операцій, що визначають енергетичні характеристики. Ключові характеристики мають охоплювати щонайменше: суттєві значення використання енергії та інші результати енергетичного аналізу.

Тому, з урахуванням експериментальних випробувань та теоретичних напрацювань [16, 17], необхідно розробити універсальний критерій оцінки ефективності очищення багатокомпонентних стічних вод, який би крім якості процесу очищення враховував би і його затратність.

За базовий при створенні такого критерію прийнято вираз розрахунку технічної ефективності водоочищення:

$$P = \frac{(C_{вх} - C_{вих})}{C_{вх}} \cdot 100\ \%, \qquad \rightarrow \qquad \rightarrow \qquad (1)$$

де $C_{вх}$ – концентрація забруднювачів, які надходять на очищення, г/дм^3; $C_{вих}$ – концентрація забруднювачів після очищення, г/дм^3.

При цьому основними ресурсовитратами приймались електроенерговитрати,

оскільки СОСВ застосовують електротехнології для реалізації процесів видалення забруднювачів – електроенергоозброєнність процесів СОСВ становить понад 50 % [16].

6. Результати дослідження

6.1. Обґрунтування еколого-енергетичного критерію водоочищення

Для встановлення електроенергетичних затрат на ефективне видалення забруднювача розрахуємо відношення його до затраченої потужності протягом часу виконання операцій видалення забруднювачів із стоків:

$$EF_y = \frac{\left[\left(\frac{L1_{вих} - ГДК1}{ГДК1}\cdot 100\ \%\right) + \ldots + \left(\frac{LN_{вих} - ГДКN}{ГДКN_{зад}}\cdot 100\ \%\right)\right]\cdot \sum_{i=1}^{N} Q_i}{\sum_{i=1}^{N} W_i}\ \%/\text{кВт}, \quad \rightarrow \qquad (2)$$

де $L_{вих}$ – фактичне значення відповідного показника якості стічних вод; $ГДК1,\ldots,ГДКN_{зад}$ – нормативні значення відповідних показників якості стічних вод; Q – час роботи обладнання, год; W – електроенергія, що затрачена на водоочищення, кВт□год; N – кількість показників якості стічних вод, штук.

У випадку, якщо одна установка (комплекс очисних споруд) забезпечує нормування кількох параметрів такий еколого-енергетичний критерій:

$$EF_y = \frac{\left[\left(\frac{L1_{вих} - ГДК1}{ГДК1}\cdot 100\ \%\right) + \ldots + \left(\frac{LN_{вих} - ГДКN}{ГДКN}\cdot 100\ \%\right)\right]\cdot Q}{W}\ \%\ /\text{кВт}. \quad \rightarrow \qquad (3)$$

У той же до одних із найбільш розповсюджених в Україні методик оцінки якості поверхневих вод, у тому числі сформованих скиданням промислових стічних вод, відноситься методика визначення балів кратності перевищення забруднень. Для кожного інгредієнта на основі фактичних концентрацій розраховують бали кратності перевищення гранично-допустимих концентрацій (ГДК) K_i і повторюваності випадків перевищення H_i, а також загальний оціночний бал забрудненості водних ресурсів – Bi:

$$K_i = \frac{C_i}{ГДК_i}, \quad \rightarrow \quad \rightarrow \qquad (4)$$

$$H_i = \frac{R_{ГДК_i}}{R_i}, \quad \rightarrow \quad \rightarrow \qquad (5)$$

$$B_i = K_i \cdot H_i, \quad \rightarrow \quad \rightarrow \qquad (6)$$

де Ci – концентрація у воді i-го інгредієнта; $ГДКi$ – гранично допустима концентрація i-го інгредієнта; $R_{ГДКi}$ – число випадків перевищення ГДК по i-му інгредієнту; R_i – загальна кількість вимірювань i-го інгредієнта.

Інгредієнти, для яких величина загального оціночного балу більше або

дорівнює 11, виділяються як лімітуючі показники забрудненості (ЛПЗ). За величиною комбінаторного індексу забрудненості встановлюється клас забрудненості води. Сам же комбінаторний індекс забруднення розраховується як сума загальних оціночних балів всіх інгредієнтів.

Тоді отримавши із (4) $ГДК_i$:

$$ГДК_i = \frac{C_i}{K_i}, \qquad \rightarrow \qquad \rightarrow \qquad (7)$$

підставляємо (7) у (3) (прийнявши, що $C_i = LN_{вих.}$):

$$EF_y = \frac{\left[\left(\frac{L1_{вих} - \frac{L1_{вих}}{K_1}}{\frac{L1_{вих}}{K_1}} \cdot 100\ \%\right) + \ldots + \left(\frac{LN_{вих} - \frac{LN_{вих}}{K_N}}{\frac{LN_{вих}}{K_N}} \cdot 100\ \%\right)\right] \cdot Q}{W}. \qquad \rightarrow \qquad (8)$$

Звідси взаємозв'язок між екологічним показником балів кратності перевищення *ГДК* та еколого-енергетичним критерієм (3):

$$K_1 + \ldots + K_N = \frac{EF_y \cdot W}{100\ \% \cdot Q} + N. \qquad \rightarrow \qquad \rightarrow \qquad (9)$$

Тобто збільшення значення еколого-енергетичного критерію відповідатиме збільшенню суми балів кратності перевищення ГДК.

Також встановлено, що загальний оціночний бал прямо пропорційний еколого-енергетичному критерію технологій водоочищення:

$$\frac{B_1}{H_1} + \ldots + \frac{B_N}{H_N} = \frac{EF_y \cdot W}{100\ \% \cdot Q} + N. \qquad \rightarrow \qquad \rightarrow \qquad (10)$$

Водночас створений еколого-енергетичний критерій дозволяє усунути важливий недолік виключно екологічних критеріїв (4)–(6) – вони орієнтуються на досягнення екологічних цілей водоочищення без врахування ефективності використання сировини, матеріалів та енергії. Хоча на реальних об'єктах постійно має місце не лише створення екологічної небезпеки, але і перевитрати ресурсів на водоочищення (рис. 1).

тільки для ознайомлення

Рис. 1. Блок-схема алгоритму практичного використання еколого-енергетичного критерію очищення промислових стічних вод

Отже, можна констатувати, що такий еколого-енергетичний критерій (2), який показує питомі енергозатрати для забезпечення технічної ефективності, прийнятно застосовувати для налаштування на нього функціональних параметрів реальних систем водоочищення. При цьому імітуючи, при необхідності, дію НС та необхідні реакції на них.

6.2. Виробнича перевірка еколого-енергетичного критерію функціонування споруд очищення стічних вод

Виробнича перевірка еколого-енергетичного критерію відбувалась на підприємстві малої металургії, де добові витрати стічних вод, які потребують очищення – 18 м^3/добу (±2 м^3/добу). Технологічне завдання – очищення стоків із душових кабінок та території виробничого цеху. Експериментальним моделюванням

встановлено, що видалення синтетичних поверхнево-активних речовин (СПАР) забезпечить видалення інших забруднювачів (азоту амонійного, нафтопродуктів, азоту амонійного) – реалізація методу домінуючого динамічного забруднювача [16].

Визначено, що надзвичайні ситуації можуть бути викликані потраплянням непередбачуваних забруднювачів у стічні води (решта ситуацій, як наприклад, одночасне використання всіх душових кабінок) в цілому враховано на стадії проектування. До таких забруднювачів відноситься токсичний свинець, котрий може потрапити на одяг працівників біля технологічних агрегатів, а потім змитись у каналізацію. Саме тому у склад електротехнологічної системи включено електрокоагулятор із функцією pH-корекції до лужних розчинів з подальшою нейтралізацією стоків. Також у СОСВ інтегровано: сорбційний фільтр, деаератор із електролізною деструкцією, гідродинамічні інтенсифікатори.

Налаштування обладнання на забезпечення еколого-енергетичного критерію (2) дозволило виконувати вимоги щодо дотримання якості водоочищення при мінімізації ресурсозатрат – критерій (2) протягом місяця мав відхилення від нуля ±3,4 % (рис. 2).

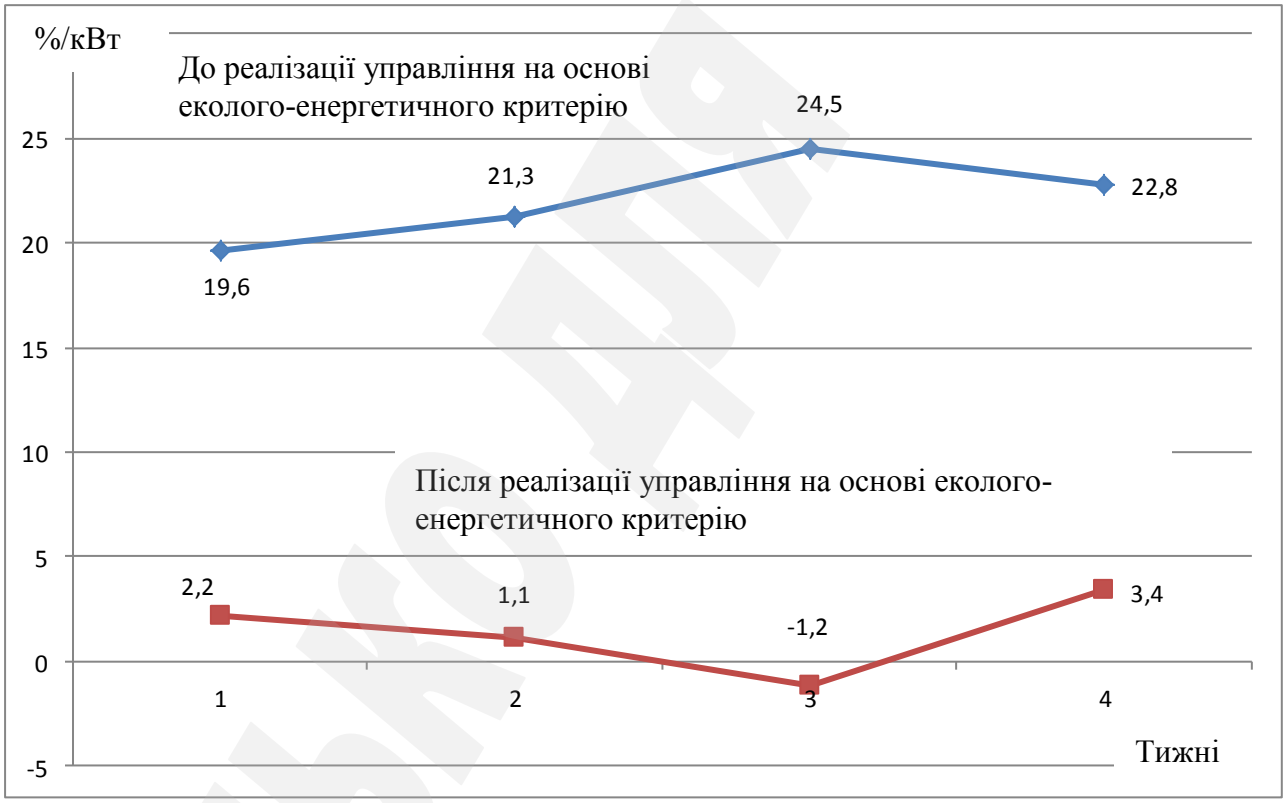

Рис. 2. Порівняння енергоефективності електротехнологічного промислового водоочищення (підприємство малої металургії)

Результати виробничого використання удосконалених підходів синтезу технологічних регламентів промислових систем водоочищення на підприємстві малої металургії дозволили виконати екологічні вимоги щодо якості стічних вод підприємств. А також впровадити ресурсозберігальні заходи у експлуатаційні режими СОСВ, покращуючи технічне регулювання останніх.

Таким чином, створено передумови для удосконалення методики синтезу ТР із використання еколого-енергетичного підходу та впровадження на підприємствах СЕМ.

6.3. Удосконалення методики впровадження концепцій систем екологічного менеджменту стосовно споруд очищення стічних вод на основі еколого-енергетичного критерію

Відштовхуючись від розробленого методу побудови технологічних регламентів систем водоочищення удосконалено концепцію ітеративного інтегрованого управління СЕМ водними ресурсами підприємств на основі IWRM (Integrated water resources management) та удосконаленої методики синтезу ТР СОСВ (рис. 3).

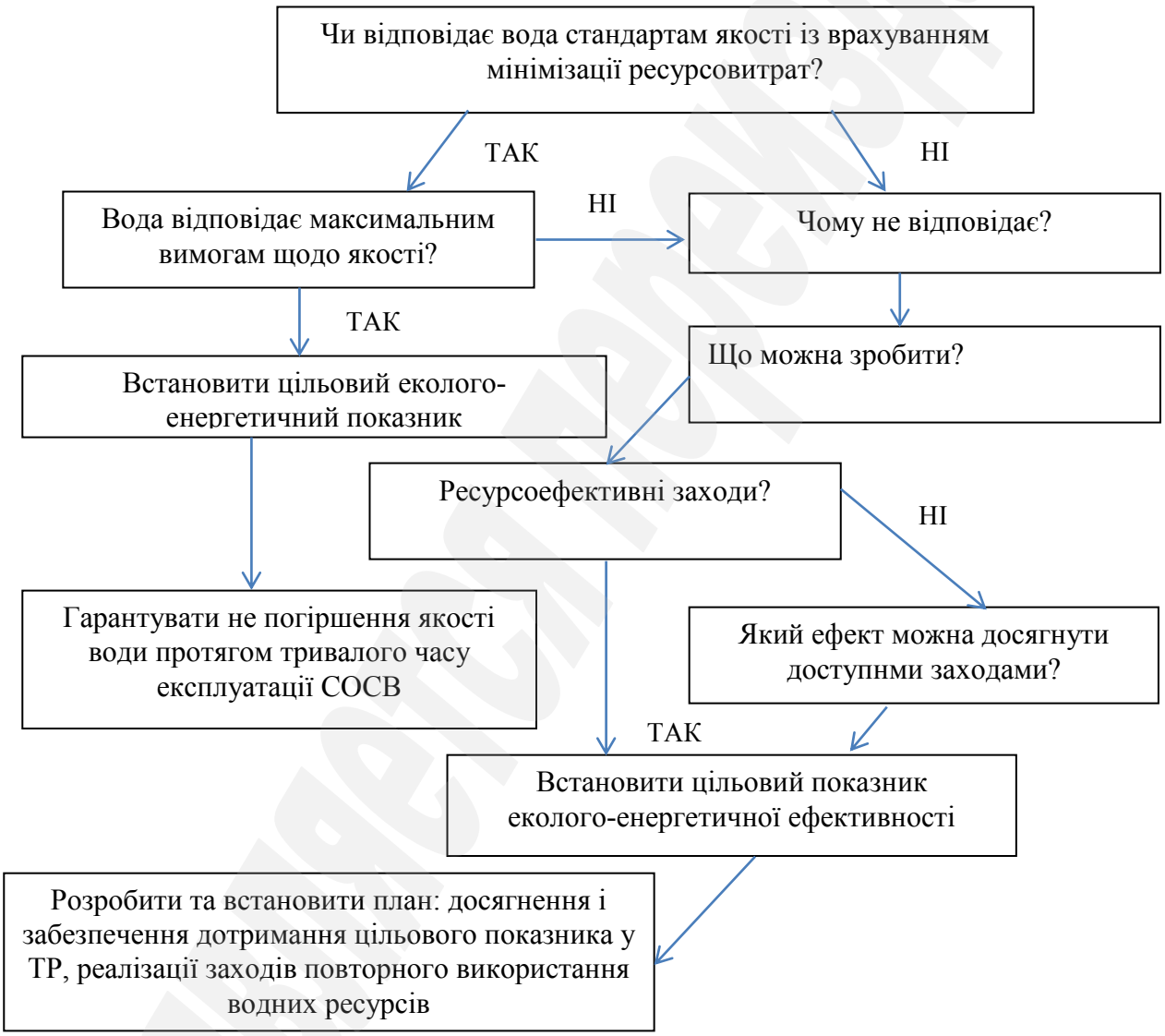

Рис. 3. Удосконалена методика створення технологічного регламенту і досягнення екологічно безпечного водовідведення згідно міжнародних систем оцінки якості управління підприємствами

На першому етапі створення СЕМ передбачається розробка схеми безпеки сталого розвитку на основі водного технологічного паспорту підприємства

(ВТП) із створенням концептуальної моделі потоків водних ресурсів. При цьому технологічні рішення щодо будівництва нового підприємства або реконструкція старого не повинні викликати екологічний дисбаланс, незалежно від галузі господарювання.

Другим кроком упровадження СЕМ є метод тестування (оптимізації) створеної на першому етапі моделі із врахуванням потенційної дії НС техногенного та природного характеру:

– досліджуються окремі моделі елементів СЕМ (на основі декомпозиції концептуальної), де фіксуються задані (цільові) параметри;

– відбувається імітаційна оцінка ресурсоощадності технологічних параметрів роботи обладнання транспортування та очищення води (у тому числі із застосування квазінатуральних фізичних моделей, віртуальних мір тощо).

Третя стадія реалізації СЕМ – передпроектна, коли на підставі отриманих даних складається бізнес-план, із обов'язковою комплексною оцінкою як економічних (наприклад, через індекс рентабельності), так і технологічних (енергоефективність) критеріїв перспективності проекту.

При цьому використання нових та удосконалених науково-теоретичних засад нормативної бази промислових систем водозабезпечення дає можливість реалізувати концепцію інтегрованих цілей досягнення ресурсоефективного водозабезпечення згідно міжнародних систем оцінки якості управління підприємствами при врахуванні вимог еколого-енергетичної ефективності.

7. SWOT-аналіз результатів дослідження

Strengths. Ключовою перевагою над аналогами являється уніфіковане методичне забезпечення створення об'єктно-орієнтованих технологічних регламентів СОСВ, яке забезпечує врахування вимоги екологічної безпеки та мінімізацію ресурсовитрат.

Weaknesses. До слабких сторін пропонованих підходів відносяться:

– необхідність проведення попередніх лабораторно-експериментальних досліджень;

– відсутність комплексного математичного та програмного забезпечень моделювання процесів водоочищення.

Opportunities. Перспектива розвитку еколого-енергетичного підходу полягає у синтезі математичного та програмного забезпечень, котрі б дали можливість оперативно діагностувати та прогнозувати екологічну безпеку та ресурсовитрати конкретних СОСВ на основі наявних у підприємства даних щодо якості стоків. Це дозволило б оціночно зекономити порядку 20 % фінансових затрат на використання існуючого обладнання.

Threats. Загроза реалізації пропонованого рішення полягає у відсутності необхідної номенклатури надійних сприймаючих елементів, здатних працювати у режимі реального часу (наявно менше, ніж 30 % від потреб). Це на певних об'єктах може призвести до неможливості оперативного розрахунку еколого-енергетичних параметрів СОСВ.

8. Висновки

1. Обґрунтований еколого-енергетичний критерій дозволяє усунути важливий недолік виключно екологічних критеріїв ефективності водоочищення, оскільки останні орієнтуються лише на досягнення екологічних цілей водоочищення без врахування ефективності використання сировини, матеріалів та енергії. Пропонований критерій націлений на комплексне створення екологічної безпеки СОСВ та усунення перевитрат ресурсів на водоочищення.

2. Аналіз результатів виробничого впровадження дозволив констатувати, що створений еколого-енергетичний підхід прийнятно застосовувати при налаштуванні параметрів промислових систем водоочищення та створенні їх технологічних регламентів. При цьому протягом місяця значення еколого-енергетичного критерію були на технологічно прийнятному рівні – мали відхилення від нуля ±3,4 %.

3. Удосконалена концепція постановки інтегрованих цілей досягнення екологічно безпечного водовідведення згідно міжнародних систем оцінки якості управління підприємствами на основі еколого-енергетичного критерію створює передумови для:

– отримання сертифікату ISO 14001 (забезпечення виконання відповідних вимог протягом всього життєвого циклу СОСВ);

– зниження фінансових витрат за рахунок економії ресурсів і зменшення штрафних санкцій;

– зростання прибутку, завдяки потенційній реалізації схем повторного використання водних ресурсів.

Література

1. Kravchenko, V. S. (2003). *Vodopostachannia ta kanalizatsiia*. Kyiv: Kondor, 288.

2. Mazorenko, D. I., Tsapko, V. H., Honcharov, F. I. (2006). *Inzhenerna ekolohiia silskohospodarskoho vyrobnytstva*. Kyiv: Znannia, 376.

3. *Pro tekhnichni rehlamenty ta otsinku vidpovidnosti* (2015). Zakon Ukrainy No. 124-VIII 15.01.2015. Available at: https://zakon.rada.gov.ua/laws/card/124-19

4. Water Code of Ukraine, June 6, 1995. (1997). *Collection of Legislative Acts of Ukraine on Environmental Protection.* Vol. 1, 283–304.

5. Adav, S. S., Lee, D.-J., Show, K.-Y., Tay, J.-H. (2008). Aerobic granular sludge: Recent advances. *Biotechnology Advances, 26 (5),* 411–423. doi: http://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2008.05.002

6. Bolzonella, D., Pavan, P., Battistoni, P., Cecchi, F. (2006). Anaerobic co-digestion of sludge with other organic wastes and phosphorus reclamation in wastewater treatment plants for biological nutrients removal. *Water Science and Technology, 53 (12),* 177–186. doi: http://doi.org/10.2166/wst.2006.420

7. Kawamura, S. (2000). *Integrated design and operation of water treatment facilities*. New York: John Wiley, 720.

8. Evans, B. (2013). Combining Wetlands with Wastewater Treatment. *The North Coast Journal Weekly.* Available at:

http://www.northcoastjournal.com/humboldt/combining-wetlands-with-wastewater-treatment/Content?oid=2317919

9. Song, Z., Williams, C., Edyvean, R. G. (2004). Treatment of tannery wastewater by chemical coagulation. *Desalination, 164 (3),* 249–259. doi: http://doi.org/10.1016/s0011-9164(04)00193-6

10. El-Gohary, F., Tawfik, A., Mahmoud, U. (2010). Comparative study between chemical coagulation/precipitation (C/P) versus coagulation/dissolved air flotation (C/DAF) for pre-treatment of personal care products (PCPs) wastewater. *Desalination, 252 (1-3),* 106–112. doi: http://doi.org/10.1016/j.desal.2009.10.016

11. Ghaly, A. E., Snow, A., Faber, B. E. (2006). Treatments of grease filter wash water by chemical coagulation. *Canadian Biosystems Engineering/Le genie des Biosystems au Canada, 48,* 613–622.

12. Srivastava, V. C., Mall, I. D., Mishra, I. M. (2005). Treatment of pulp and paper mill wastewaters with poly aluminium chloride and bagasse fly ash. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, 260 (1-3),* 17–28. doi: http://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2005.02.027

13. Smita, S. B., Kulkarni, G. S., Kore, S. V., Kore, V. S. (2012). Application Of Coagulationflocculation For Vegetable Tannery Wastewater. *International Journal of Engineering Science and Technology, 4 (5).*

14. Kadhum, M., Hayder, A. (2011). Treatment Of Pulp And Paper Mill Wastewater By Poly-AluminumSilicate-Chloride (Pasic) Through Coagulation. *Flocculation Process, 260,* 213–218.

15. Khan, M., Kalsoom, U., Mahmood, T., Riaz, M., Khan, A.R. (2003). Characterization and Treatment of industrial Effluent from Sugar Industry. *Journal Chemical Society, 25 (3).*

16. Shtepa, V. N. Levchuk, A. P. (2018). Kontseptsyia upravlenyia oborudovanyem vodoochystky s uchetom domynyruiushcheho zahriaznytelia. *Ahropanorama, 5,* 33–38.

17. Shtepa, V. M., Honcharov, F. I., Syrovatka, M. A. (2011). Obgruntuvannia ta rozrobka kryteriiu enerhoefektyvnosti funktsionuvannia elektrotekhnolohichnykh system vodopidhotovky. *Naukovyi visnyk Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy. Seriia: Tekhnika ta enerhetyka APK, 161,* 187–193.

The object of research is the environmental safety of wastewater treatment plants while minimizing resource costs for the implementation of technological processes for the removal of pollutants from effluents. There are factors that comprehensively create the prerequisites for the inefficiency of activities to maintain the environmental safety of wastewater treatment systems, and, accordingly, the complexity of implementing their technical regulation. These factors include:

– lack of real –time information on a specific combined process of water treatment, the complexity of its adequate research, even in laboratory conditions;

– lack and/or low accuracy and speed of modern technical means of measuring the composition of aqueous solutions, especially in industrial conditions.

Elimination of the influence of negative factors is achieved by improving the scientific and theoretical foundations for the creation of technological regulations for

wastewater treatment plants while improving the environmental safety of industrial facilities, taking into account the requirements for reducing resource costs according to the concept of synthesis of environmental management systems.

The environmental and energy criterion for assessing the functioning of wastewater treatment facilities is substantiated and analytically obtained. An analysis of the results of production implementation allows to state that the environmental and energy criterion, which shows the specific energy consumption for ensuring the environmental safety of water treatment, is acceptable to use when setting up industrial water treatment systems and creating their technological regulations. During the month of production research, the value of the environmental and energy criterion had deviations from the set by ± 3.4 %, which is a technologically acceptable indicator.

An improved concept for setting integrated goals for achieving environmentally friendly sanitation in accordance with international systems for assessing the quality of enterprise management on the basis of environmental and energy criteria creates the prerequisites for obtaining an ISO 14001 certificate. Implementation of environmental management systems will provide:

– reduction of financial expenses due to saving of natural resources and reduction of penalties;

– profit growth due to potential implementation of reuse of water resources.

Keywords: *wastewater treatment, removal of pollutants, environmentally friendly wastewater disposal, environmental management.*

НЕ ЯВЛЯЕТСЯ ПЕРЕВОДОМ