

ОЦІНКА ЕНЕРГЕТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОЦЕСІВ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД АГРОПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИМИ КОМПЛЕКСАМИ

В.М. Штепа, кандидат технічних наук

Проаналізовано актуальність питання підвищення енергоефективності систем очищення стічних вод агропромислових об'єктів. Оцінено ступінь енерговикористання процесів водоочищення різними методами. Розраховано економічний ефект від економії електроенергії на водоочищення. Запропоновано та перевірено критерій енергоефективності функціонування системи управління водоочисними електротехнологічними комплексами.

Водоочищення, стічні води, водоочисний електротехнічний комплекс, система управління, екологічна безпека.

Стічні води промислових об'єктів за багатьма параметрами перевищують встановлені норми щодо скиду у водойми. Одні з найбільших відхилень зафіксовано стосовно завислих частинок (у 100 – 1000 разів), БПК (у 30 – 100 разів), нітратів (у 10 разів), що пов'язано з технологією виробництва. Як результат, концентрація забруднень навколишнього середовища на 1 км² у 6,5 раза більше, ніж у США, і 2 – 3 рази в порівнянні з країнами Європейського Союзу. Якість навколишнього середовища тісно пов'язана з якістю поверхневих і навіть підземних вод. Для України це має особливо важливе значення, адже 75 % питного водопостачання у нас здійснюється за рахунок поверхневих вод.

Забруднювачами навколишнього природного середовища є [1, 2]:

промисловість – 65 %, агропромисловий комплекс – 16 – 20 %, комунальне господарство – 18 – 20 %. У 2010 році у водні об'єкти надійшло 460 т нафтопродуктів, 840 тис т сульфідів, 760 тис т хлоридів, 58 тис т нітратів.

Найнебезпечніші забруднювачі – нафтопродукти, солі важких металів, феноли і біогенні речовини, останні двоє є в стічних водах агропромислових та переробних підприємств.

Потужними водоспоживачами в АПК є: свинокомплекси, птахівничі комплекси, переробні підприємства – ними скидаються близько 40 – 50 % отриманої води залежно від технології виробництва та регіону. У більшості випадків скиди таких підприємств не проходять навіть елементарного очищення.

Саме тому розробка енергоефективних та екологічно безпечних технологій водоочищення, враховуючи значні обсяги скидів, бажано із повторних використанням води у технологічних циклах та утилізацією

органічних відходів з отриманням цінних продуктів (рис. 1), є актуальною важливою.

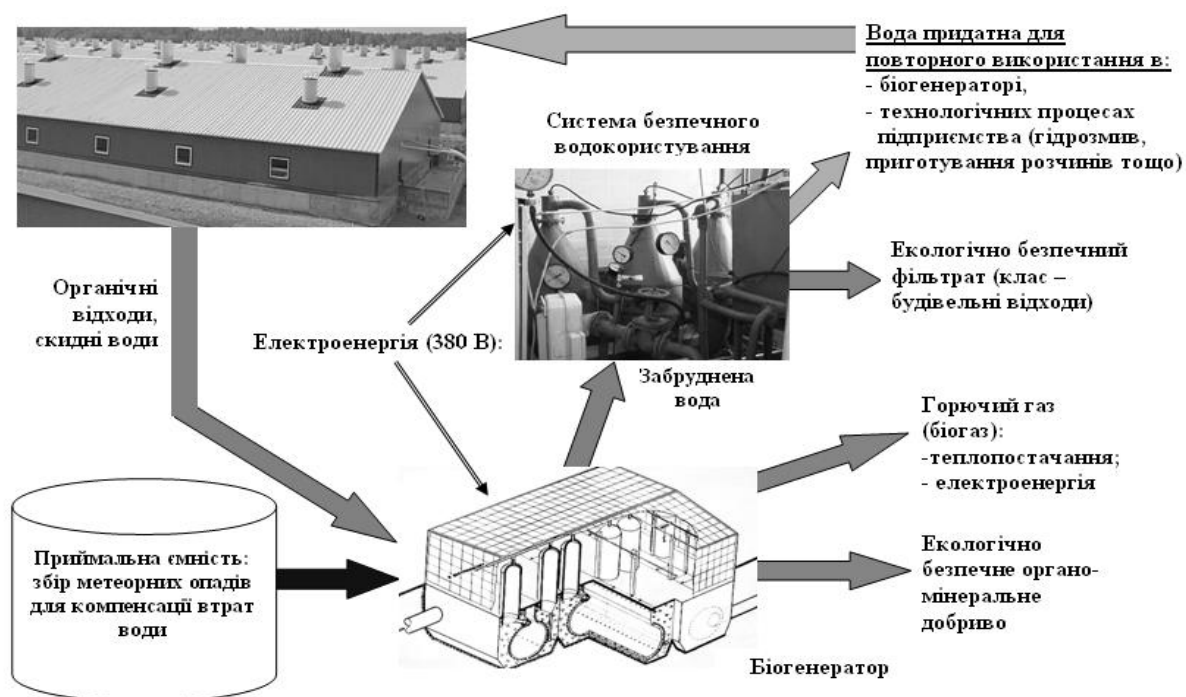


Рис.1. Приклад ресурсо- та екологічно безпечного водопостачання агропромислових підприємств (із застосуванням замкнутого циклу)

Мета досліджень – аналіз енергетичних характеристик електротехнічних комплексів очищення стічних вод агропромислових об'єктів та визначення шляхів підвищення енергоефективності.

Матеріали та методика досліджень. Виявлення і використання ресурсів зниження максимальної потужності і загальної витрати електроенергії набувають все більшого значення ще й тому, що системи водовідведення та водоочищення розвиваються високими темпами (щорічний приріст продуктивності 4 – 5%). Ефективність різних заходів, що забезпечують економію електроенергії, повинна оцінюватися на основі зіставлення загальних витрат електроенергії в системі за умови безперебійного забезпечення водоочищення.

При цьому очисні споруди повинні працювати рівномірно протягом доби. Режим подачі води від приймального резервуара має встановлюватися, щоб резервуари були повністю заповнені до чергового зростання обсягів скидів, якщо такі будуть.

Наприклад, одними із основних споживачів електроенергії на станціях очищення стічних вод є турбоповітродувки, що подають повітря до аеротенків. Біологічне очищення в цих спорудах відбувається за рахунок споживання кисню. Питома витрата електроенергії на подачу повітря значно залежить від якості рідини, що очищається і в середньому становить 50–100 кВт·год на 1000 м³. Економія електроенергії за рахунок виключення турбоповітродувних агрегатів можлива, оскільки витрата

стічних вод і кількість забруднень, що містяться в них, змінюються за сезонами року і протягом доби.

Загалом же вартість очищення 1 м³ стічних вод коливається у широких межах і залежить від: якості води, яка подається на установки та якості води після обладнання (повторне використання, скид у природні водойми чи каналізацію тощо) (табл. 1).

Також потрібно розуміти, що на реальних виробництвах застосовуються комбіновані методи (поєднання двох або більше підходів), тобто вартість очищення 1 м³ може оптимізовуватися, забезпечуючи дотримання нормативних вимог щодо якості скиду.

При цьому вплив функціонування електротехнічного водоочисного комплексу на собівартість продукції можна встановити, виходячи із загальних виробничих енергетичних витрат. Наприклад, для виробництва 1 кг свинини необхідні такі витрати коштів [3]:

- 1) заробітна плата – 3 %;
- 2) вартість кормів – 84 %;
- 3) амортизація – 9 %;
- 4) поточний ремонт – 1,8 %;
- 5) електропостачання – 1,5 %;
- 6) інші прямі витрати – 0,7 %.

1. Порівняння різних методів очищення стічних вод

Метод водоочищення	Вартість очищення 1 м ³ , грн.	Ефективність видалення забруднювачів	
		неорганічних	органічних
Механічний	0,5 – 1	Низька	Низька
Фізико-хімічний	2 – 15	Висока	Середня
Хімічний	8 – 600	Висока	Висока
Біологічний	0,5 – 8	Низька	Висока

Статистично встановлено [4, 5], що на оплату електроенергії при очищення стічних вод припадає усереднено 15 % всіх електроенергетичних витрат підприємств. Тоді при виробництві 1 кг свинини витрати на електротехнічний водоочисний комплекс становлять – 0,22 %.

У грошовому еквіваленті (прийmemo собівартість виробництва 1 кг свинини – 7 грн.): $7 \cdot 0,0022 = 0,015$ грн.

Для виробничого комплексу типу ВАТ “Агрокомбінат “Калита” (потужність – 13,7 тис. т/рік): $13\,700\,000 \text{ кг/рік} \cdot 0,015 = 205\,500$ грн/рік.

Тобто підвищення енергоефективності водоочищення, за рахунок системи управління навіть на 5 % дозволить зекономити: $205\,500 \text{ грн/рік} \cdot 0,05 = 10\,275$ грн/рік, що відповідає вартості сучасного програмованого контролера (ПЛК) із необхідним периферійним обладнанням.

Тому, із врахуванням виробничих випробувань та теоретичних напрацювань пропонується універсальний критерій оцінки енерго-ефективності роботи електротехнологічного обладнання водопідготовки []:

$$EF_y = \frac{\left[\left(\frac{L1_{вих} - L1_{зад}}{L1_{зад}} 100\% \right) + \dots + \left(\frac{LN_{вих} - LN_{зад}}{LN_{зад}} 100\% \right) \right] \sum_{i=1}^N Q_i}{\sum_{i=1}^N W_i}, \% / \text{кВт}. (1)$$

де $L_{вих}$ – фактичне значення відповідного параметра оцінки якості водопідготовки; $L_{зад}$ – задане (нормативне) значення відповідного параметра оцінки якості водопідготовки; Q – час роботи обладнання, год; W – електроенергія, що затрачена на водоочищення, кВт·год; N – кількість параметрів оцінки якості водопідготовки (як правило, відповідають кількості установок, які діють на воду).

Технологічне завдання системи управління – підтримувати значення критерію рівним (максимально близьким) нулю.

У випадку, якщо одна установка забезпечує нормування кількох параметрів, що на реальних об'єктах має місце:

$$EF_y = \frac{\left[\left(\frac{L1_{вих} - L1_{зад}}{L1_{зад}} 100\% \right) + \dots + \left(\frac{LN_{вих} - LN_{зад}}{LN_{зад}} 100\% \right) \right] Q}{W}, \% / \text{кВт}. (2)$$

Статистичні дослідження такого критерію енергоефективності (формула (2) показала його технологічну обґрунтованість (рис. 2).

Під час двопараметричного аналізу побудували залежність критерію EF_y від двох умовних показників якості очищення (L_1 , L_2) (рис. 3). Один нормовано зростав від -10 % до +10 % (крок – 1 %). Інший змінювався інверсійно з тим же кроком у тому ж діапазоні.

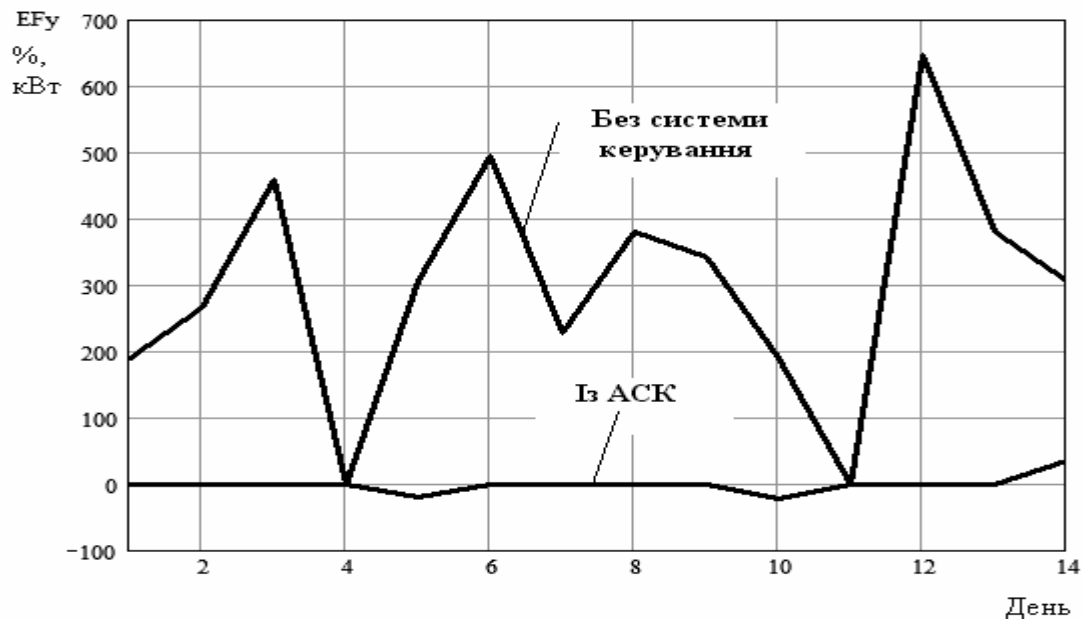


Рис. 2. Графік удосконаленого критерію енергоефективності

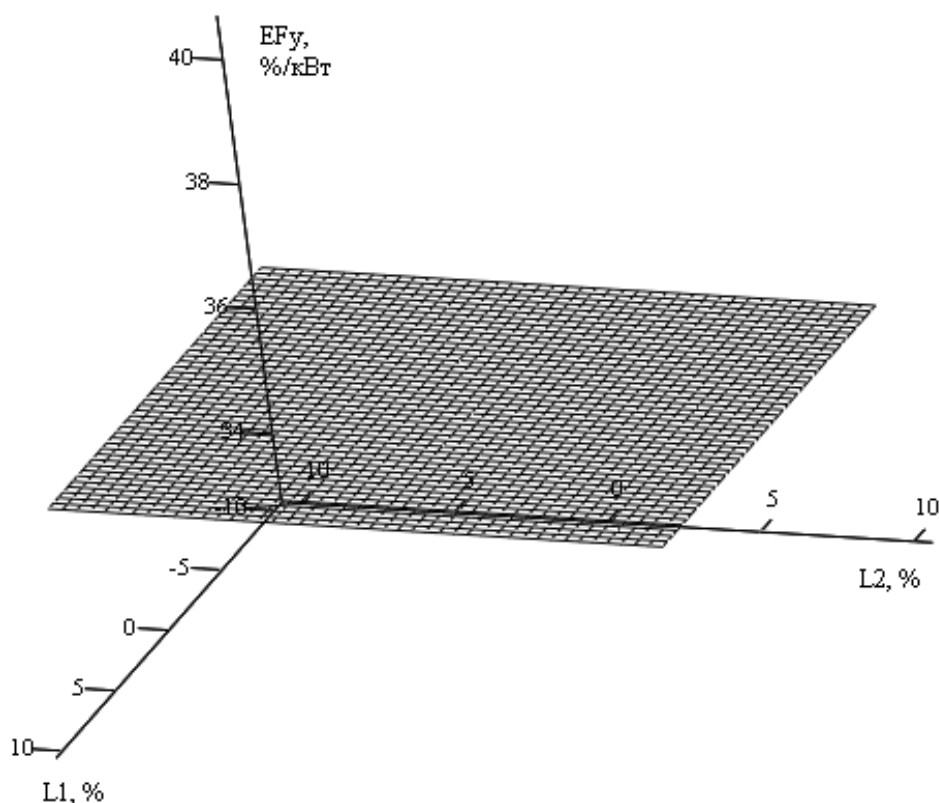


Рис.3. Графічна інтерпретація двопараметричного аналізу критерію енергоефективності

Витрачена на водопідготовку електроенергія (W) – константа (1000 кВт/год); час роботи електротехнологічного обладнання (Q) теж незмінний – 480 год.

У результаті отримали тримірну поверхню, вигляд якої (характер зміни EF_y) підтвердив технологічну адекватність розробленого критерію (див. рис. 3).

Отже, розроблений критерій енергоефективності доцільно покласти в основу побудови систем керування комплексними системами водоочищення стічних вод агропромислових підприємств.

Однак, необхідно обов'язково врахувати ще один дуже важливий аспект впливу неякісно очищеної стічної води на собівартість агропромислової продукції – санітарно-гігієнічний.

Стоки, що викидаються у каналізацію, нормуються санепідемслужбою або іншими контролюючими органами. Контроль проводять за десятками параметрів. У випадку, якщо хоча б один із них не відповідає встановленим нормам, вводяться штрафні санкції. Згідно з ними вартість 1 м^3 води підвищується – чим більша кількість параметрів вийшла за нормовані межі, тим вона вища: відхилення за одним параметром: 1 м^3 – 2,25 грн; відхилення за двома параметрами: 1 м^3 – 15 грн; відхилення за трьома параметрами: 1 м^3 – 150 грн.

Для типового птахівничого господарства (2,6 тис. поголів'я) витрати на воду при можливих штрафних санкціях наведено у табл. 2.

2. Витрати птахофабрики на воду у випадку штрафних санкцій

Кількість контрольованих параметрів, які вийшли за допустимі межі	Витрати на воду в рік, грн.
Жодного параметра	76206
Один параметр	114309
Два параметри	762060

Іншою причиною суттєвих потенційних фінансових втрат господарств може стати неякісна утилізація продуктів очищення, які класифікуються як відходи відходів (наприклад, мулових карт біологічного очищення). Згідно з Законом України “Про відходи” Ст. 17 “Обов'язки суб'єктів господарської діяльності у сфері поводження з відходами” власник повинен забезпечувати повне збирання та належне зберігання відходів, не допускати їх псування, утилізувати або передати установам, що цим займаються. Крім того, за власний рахунок необхідно забезпечувати екологічно обґрунтоване видалення відходів, що не підлягають утилізації, а також не допускати зберігання та видалення відходів у несанкціонованих місцях.

Висновки

При водоочищенні стічних вод агропромислових об'єктів різними методами та засобами у значній мірі використовують енергетичні ресурси (до 15 % енерговитрат – при нормативному очищенні), тому застосування енергоефективних рішень, зокрема систем управління, дозволить покращити рентабельність агровиробництва (термін повернення витрат на програмно-апаратні засоби – до 2 років) та забезпечити екологічну безпеку регіону, де розташоване підприємство.

Список літератури

1. Копілевич В.А. Оцінка екологічної безпеки скидів води при виробництві продукції птахівництва / В.А. Копілевич, Л.В. Войтенко, Н.М. Прокопчук // Науковий вісник Національного аграрного університету. – К., 2003. – № 111 – С. 19–23.
2. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2006 році / Міністерство екології та природних ресурсів України – К., 2007. – 15 с.
3. Паникар И.И. Промышленное птицеводство и охрана окружающей среды / И.И. Паникар. – М.: МСХА, 1988. – 302 с.
4. Пуганков А.Г. Обеззараживание стоков животноводческих комплексов / А.Г. Пуганко. – М.: Колос, 1986 – 257 с.
5. Штепа В.М. Застосування нечіткої енергозберігаючої системи автоматичного керування електролізним знезараженням стічних вод птахофабрик для боротьби із потраплянням у навколишнє середовище збудників пташиного гриппу/ В.М. Штепа // Тези доповідей міжнар. наук.-практ. конф. [“Екологія. Людина. Суспільство”], (Київ, 17-19 квітня 2006 р.) – К.: НТУУ “КПІ”, 2006. – С.147.

Проанализирована актуальность вопросов повышения энергоэффективности систем очистки сточных вод агропромышленных объектов. Оценена степень энергопотребления процессов водоочистки разными методами. Рассчитан экономический эффект от экономии электроэнергии на водоочистку. Предложен и проверен критерий энергоэффективности функционирования системы управления водоочистительными электротехнологическими комплексами.

Водоочистка, сточные воды, водоочистительный электро-технический комплекс, система управления, экологическая безопасность.

Analyzes the actuality energy efficiency of agro-industrial wastewater treatment facilities; A degree of energy in different methods of water purification processes; The economic effects of energy savings for water treatment; proposed and tested standard energy management system electro-purifying systems.

Water treatment, sewage water treatment, complex electrical, management system, environmental security.

УДК 62 - 83 : 621. 313. 333

ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ СХЕМИ ЗАМІЩЕННЯ КОМПЕНСОВАНОГО АСИНХРОННОГО ДВИГУНА

***Р.М. Чуєнко, кандидат технічних наук
О.А. Кривошей, студент***

Обґрунтовано параметри схеми заміщення компенсованого асинхронного електродвигуна з урахуванням взаємоіндуктивного зв'язку між напівобмотками фаз статора як за основним полем, так і за полями розсіювання.

Компенсований асинхронний електродвигун, схема заміщення, активний та реактивний опір, розсіювання, взаємоіндуктивний зв'язок.

Основою для розрахунку характеристик асинхронного двигуна (АД) є система рівнянь електричної рівноваги кіл статора і ротора у симетричному усталеному режимі. Ці рівняння виражають частковий випадок загальної математичної моделі машини як для перехідних, так і усталених процесів, складеної при загальноприйнятих припущеннях класичної теорії електричних машин за постійних параметрів схеми заміщення [4].

© Р.М. Чуєнко, О.А. Кривошей, 2014