

ХІМІЯ. ХІМІЧНА, БІОЛОГІЧНА ТА ХАРЧОВА ТЕХНОЛОГІЇ

УДК 628.322.661.43

Т.Вітенько, канд. техн. наук; О.Лясота

Тернопільський державний технічний університет імені Івана Пулюя

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ЗАЛЕЖНОСТІ ОПОРУ ЕМУЛЬСІЇ ВІД КОНЦЕНТРАЦІЇ НАФТОПРОДУКТІВ

Подано аналіз забруднення стічних вод машинобудівних підприємств, описаний метод визначення концентрації нафтопродуктів за питомою електропровідністю емульсії та математичною моделлю залежності опору емульсії від концентрації нафтопродуктів, рівняння для визначення концентрації нафтопродуктів у воді. Розглянуто два випадки: а) великі концентрації забруднень, б) малі концентрації забруднень. При перевірці на адекватність похибка становила 20%.

Умовні позначення

- C – концентрація нафтопродуктів в емульсії, г/л;
- V – об'єм емульсії, л;
- N – кількість крапель нафтопродукту в емульсії заданого об'єму;
- R – опір емульсії, кОм;
- M – маса емульсії, г;
- σ – електропровідність, (кОм)⁻¹.

Проблема забруднень води в умовах погіршення екологічного стану гідросфери потребує удосконалення способів її очистки. Серед найбільших забруднювачів стічних вод [1,2] є підприємства машинобудівної галузі, де основні види стічних вод - стоки механічних цехів, травильних відділень та гальванічних ділянок. Шкідливість нафтомістких стоків вищезгаданих підприємств можна оцінити за показниками, представленими у таблиці 1.

Таблиця 1

Характеристика стічних вод, що містять мастильно-охолоджувальні технологічні засоби

Компоненти стоків	Забруднення	
	Найменування	Концентрація, мг/л
Вуглеводневих МОТЗ (мастила, дизельне пальне та ін.)	Частинки нафтопродуктів розміром >40 мкм	до 3000
Емульсії	того ж розміром <40 мкм	до 60000
Синтетичні МОТЗ, виготовлені на основі поверхнево-активних речовин	Органічні речовини	до 100
Синтетичні МОТЗ, виготовлені на основі розчинів електролітів	Солі	до 200000

Тому організація локальної очистки стоків є найважливішим завданням машинобудівних виробництв у плані створення екологічно нешкідливих ресурсоощадних технологій.

Відомо багато перспективних досліджень використання нових технологій у процесах очистки стічних вод, забруднених нафтопродуктами. Їх впровадження потребує багатьох аналізів на вміст нафтопродуктів у стоках, а їх виконання ускладнюється тим, що наявні методики [3,4] є довготривалими і потребують складного обладнання.

Для масових експериментів пошукових досліджень та розробки інженерних методів розрахунку кінетики електрохімічних процесів з похибкою до 20-25% розроблений спрощений метод експериментального визначення концентрації нафтопродуктів C , в основі якого є залежність питомої електропровідності емульсій рідина-нафтопродукт (нафта, мастило, дизельне паливо, бензин тощо) від C . Доцільно математично описати залежність визначення C за σ в конкретних умовах.

Дослідження виявили, що основні забруднювачі (мастило, дизельне паливо, бензин) практично не розчиняються у воді, а утворюють емульсії у вигляді кульок $d=5-10$ мкм з концентрацією 3 г/л та більше [6]. Отже, при рівномірному розподілі крапель нафтопродуктів (дисперсної фази) діаметром d у суцільному середовищі, площа якого f з питомою електропровідністю σ буде тим більшою, чим більші діаметри крапель нафтопродуктів d , що утворюються з їх однакової маси, диспергованої в суцільній фазі.

Якщо до об'єму V суспензії емульсовано n кульок нафтопродуктів діаметром d і густиною ρ , то їх загальна маса M становитиме:

$$M = \frac{\pi d^3}{6} \rho n; \quad (1)$$

При цьому концентрація нафтопродуктів в емульсії об'ємом $V = \frac{\pi d^2}{4} \frac{6H}{d} H$:

$$C = \frac{M}{V} = \frac{\pi d^3 \rho}{6V} \cdot n = \frac{2}{3} \frac{d^3 \rho n}{d^2 \frac{6H}{d} H}, \quad (2)$$

звідки

$$n = \frac{6CV}{\pi d^3 \rho} = 1,5 \frac{Cd^2 H}{d^3 \rho}. \quad (3)$$

Площа електропровідної суцільної фази f (m^2), через яку може проходити електричний струм силою I , (А), є різницею між площею поперечного перерізу скляної трубки F та площею перерізу всіх (n_1) кульок нафти в ньому F_k :

$$F = \frac{\pi d^2}{4} \frac{6H}{d}; \quad F_k = \frac{\pi d^2}{4};$$

$$f = F - F_k = \frac{\pi}{4} (d^2 \frac{6H}{d} - n_1 d^2). \quad (4)$$

Розглянемо два випадки: при великих і малих концентраціях C .

1. Великі концентрації C .

Максимальна кількість шарів кульок однакового діаметру по вертикалі $n_2=H/d$, а всього в об'ємі V :

$$n = n_1 \cdot n_2 = n_1 \frac{H}{d}. \quad (5)$$

Підставивши значення n та n_1 з рівнянь (3) і (5) у рівняння (4) отримаємо площу:

$$f = \frac{\pi}{4} \left(d_{вн}^2 - n \frac{d^3}{H} \right) = \frac{\pi d_{вн}^2}{4} \left(1 - 1,5 \frac{C}{\rho} \right). \quad (6)$$

Підставивши у рівняння (6) величину f з відомого співвідношення $R = \frac{\rho_1 H}{f}$ (де ρ_1 - питомий опір, Ом·м), отримаємо залежність між концентрацією нафтопродуктів C та опором R :

$$C = \frac{\rho}{1,5} - \frac{4\rho_1 H \rho}{1,5\pi d_{вн}^2 R}; \quad (7)$$

або

$$C = a - \epsilon \frac{1}{R}; \quad (8)$$

де $a = \frac{\rho}{1,5}; \quad \epsilon = \frac{4\rho_1 H \rho}{1,5\pi d_{вн}^2};$

звідки $\frac{1}{R} = \frac{a - C}{\epsilon}. \quad (9)$

Рівняння (8) дозволяє узагальнити експериментальну залежність C від $(1/R)$ у вигляді прямої лінії при високих концентраціях нафтопродуктів та використати її для розрахунку C за R у конкретних умовах.

2. Малі концентрації C .

У цьому випадку кількість шарів крапель по вертикалі n_2 менша і її можна оцінити так.

Об'єм емульсії, в якому знаходиться одна краплина V_1 , з урахуванням рівняння (3) становитиме:

$$V_1 = \frac{V}{n} = \frac{\pi d^3 \rho}{6C}. \quad (10)$$

Діаметр цього об'єму d_1 :

$$d_1 = \sqrt[3]{\frac{6V_1}{\pi}} = d \sqrt[3]{\frac{\rho}{C}}. \quad (11)$$

Тоді кількість вертикально розташованих шарів крапель становитиме:

$$n_2 = \frac{H}{d_1} = \frac{H}{d \sqrt[3]{\frac{\rho}{C}}}. \quad (12)$$

Загальна кількість крапель:

$$n_2 = n_1 \cdot n_2 = n_1 \frac{H}{d \sqrt[3]{\frac{\rho}{C}}}. \quad (13)$$

Визначивши n_1 з цього рівняння, n з рівняння (3) і підставивши їх у рівняння (4) з урахуванням $R = \frac{\rho_1 H}{f}$, одержимо:

$$f = \frac{\rho H}{R} = \frac{\pi}{4} d_{\text{вн}}^2 \left[1 - 1,5 \left(\frac{C}{\rho} \right)^{\frac{2}{3}} \right]; \quad (14)$$

$$C^{\frac{2}{3}} = \frac{\frac{2}{\rho^3}}{1,5} - \frac{4\rho_1 H \rho^{\frac{2}{3}}}{1,5\pi d_{\text{вн}}^2} \cdot \frac{1}{R} = a_1 - \epsilon_1 \frac{1}{R}; \quad (15)$$

де: $a_1 = \frac{\frac{2}{\rho^3}}{1,5}; \quad \epsilon_1 = \frac{4\rho_1 H \rho^{\frac{2}{3}}}{1,5\pi d_{\text{вн}}^2};$

звідки $\frac{1}{R} = \frac{a_1 - c^{\frac{2}{3}}}{\epsilon_1}.$ (16)

Дослідження проводили на воді з домішками нафтопродуктів, їх концентрація змінювалася від 4 г/л до 12 г/л. Концентрацію нафтопродуктів визначали за стандартною методикою [3]. Електропровідність емульсії визначали мостом Кольрауша [5].

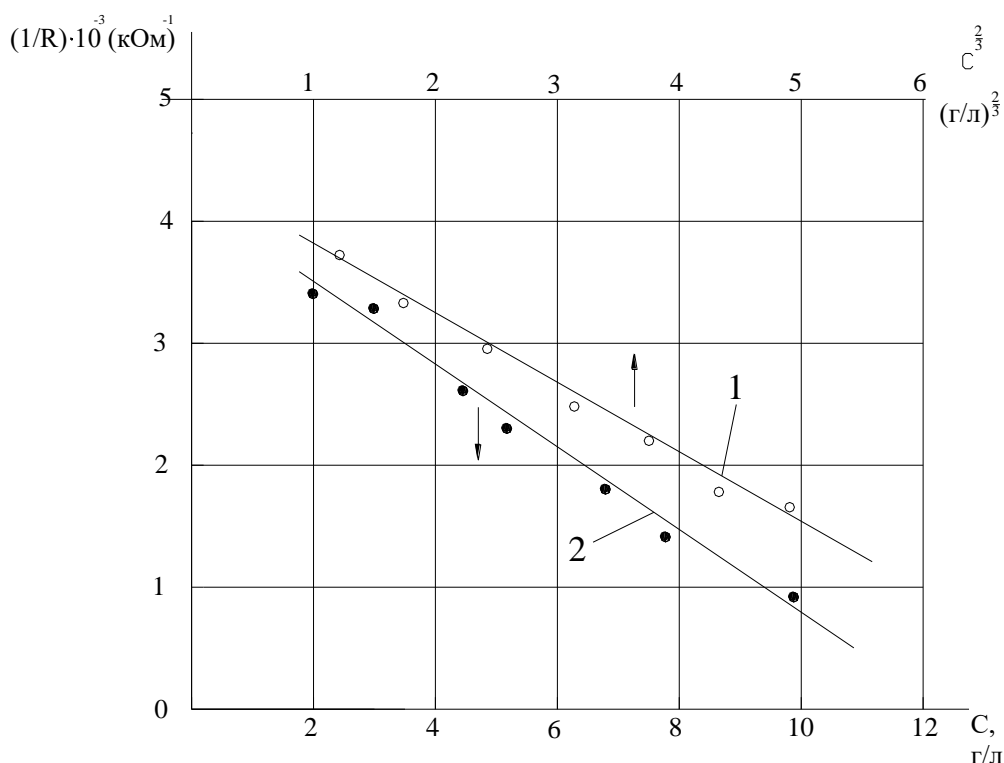


Рис 1. Залежність електропровідності від концентрації нафтопродуктів С, г/л емульсії вода - нафтопродукт
1 – теоретична залежність; 2- експериментальна залежність.

Результати експериментів підтвердили справедливість теоретичних рівнянь з моделювання залежності опору емульсії від концентрації нафтопродуктів і показали,

що отримані рівняння можна використати з точністю, достатньою для інженерних розрахунків (при перевірці на адекватність похибка становила 20%).

Отже, рівняння (8) і (15) дозволяють визначити концентрацію нафтопродуктів у стічних водах при конкретних умовах. А згідно з градувальними рис. 2 і 3 можна визначити ще один важливий показник в стічних водах – хімічне споживання кисню (ХСК).

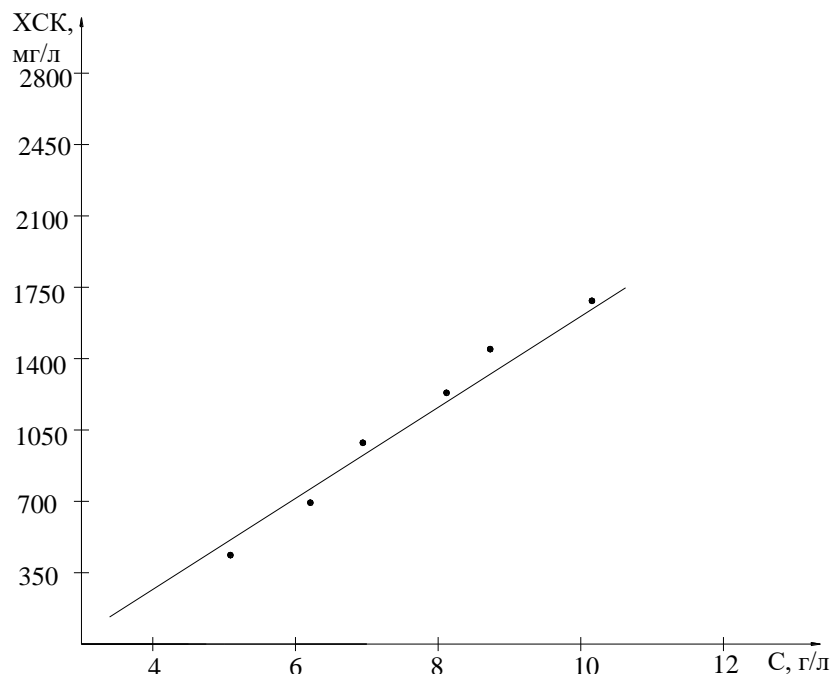


Рис 2. Залежність величини хімічного споживання кисню (ХСК) від концентрації нафтопродуктів у воді C, г/л.

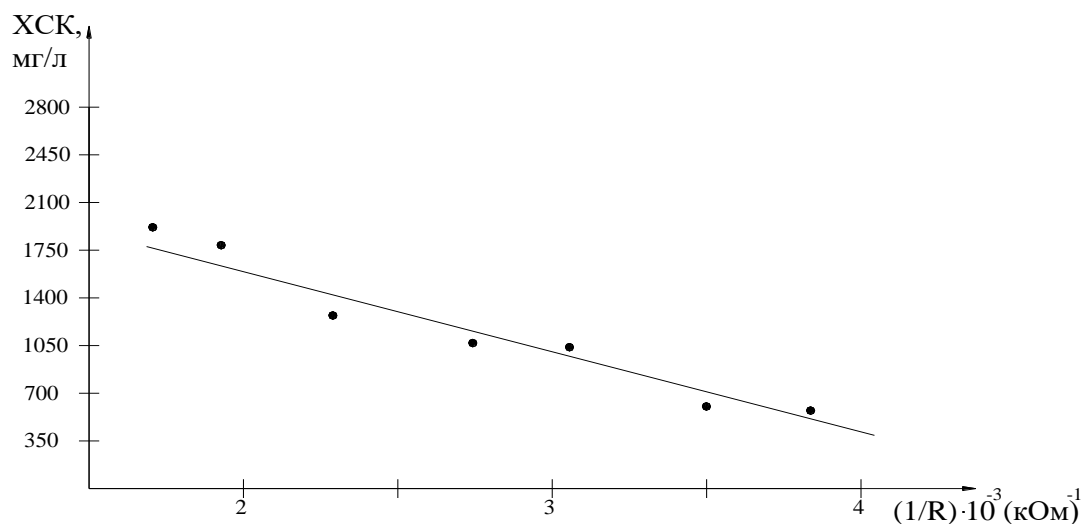


Рис3. Залежність величини ХСК від електропровідності 1/R.

In this article is told about pollution sewages of machine-building plants. It is offered the experimental method determination of specific wiring emulsion and mathematical modal dependence of resistance emulsion from concentration oil-products.

The received equation for determination of concentration oil-products in the sewage. It is considered two possible variants:

- 1) big pollution concentrations

2) little pollution concentrations

Verification of adequate showed that the mistake is only 20%.

Література

1. Мацнев А.И. Водоотведение на промышленных предприятиях Львов : Вища школа, 1986.-200 с.
1. Масников И.Н., Амен В.Э., Николайчук В.И. Очистка сточных вод нефтяных баз и портов. Водоснабжение и санитарная техника 1992.- №8.- С.24-25.
2. Гладких С.Н., Гладких Ю.Н. Очистка стоков гальванических производств от ионов тяжелых металлов. Химическое и нефтяное машиностроение 1995.- №6.- С.25.
3. Лурье Ю.Ю. Аналитическая химия промышленных сточных вод. - Москва: Химия, 1984. –448 с.
4. Афанасьев Б.Н., Бадон Н.М., Ганц В.И. и др. Практические работы по физической химии: Учебное пособие для вузов (4-е изд. перераб). – Л: Химия, 1982.-400 с.
5. Вітенько Т.М. Інтенсифікація процесів кондиціонування води з використанням гідродинамічного кавітаційного реактора. Автор. канд. дис. – Львів: ДУ “Львівська політехніка”, 1996 – 17 с.

Одержано 14.01.2002 р.