

Жуков Ю. Д.,
*д-р техн. наук, голова кафедри Морського приладобудування,
 Національний університет кораблебудування
 ім. адмірала Макарова, м. Миколаїв, Україна*

Нікольчук С. А.,
*аспірант кафедри морського приладобудування,
 Національний університет кораблебудування
 ім. адмірала Макарова, м. Миколаїв, Україна*

ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ ПОЛІМЕТРИЧНИХ ВИМІРЮВАНЬ ДЛЯ ОПЕРАТИВНОГО КОНТРОЛЮ КОНЦЕНТРАЦІЇ ШКІДЛИВИХ РЕЧОВИН У СУДНОВИХ СТИЧНИХ ВОДАХ

У статті запропоновано використовувати метод поліметричних вимірювань для контролю вмісту шкідливих домішок у суднових системах очищення стічних вод. Показано, що параметри отриманих сигналів зв'язані з концентрацією шкідливих речовин, наведені експериментально отримані (з допомогою системи «САДКО-ОЙЛ») поліметричні сигнали, що відповідають різним концентраціям забруднювача (карбаміду) при різних температурах. Отримані значення діелектричної проникності, за допомогою визначеного за експериментально, коефіцієнта відображення. Показана кореляція сигналів в залежності від концентрації та температури. Наведені перспективи застосування методу поліметричних вимірювань.

Ключові слова: поліметричний сигнал; зондуючий імпульс; карбамід.

Постановка проблеми у загальному вигляді. Ефективне очищення стічних вод (СВ) неможливе без якісної оцінки концентрації шкідливих речовин, що містяться в них. Існуючі методи не дозволяють здійснювати таку оцінку, тому пропонується для даних цілей застосовувати метод поліметричних вимірювань, що знайшов широке застосування у системах автоматичного контролю параметрів рідких середовищ. Використання запропонованого методу дозволить ефективно підбирати необхідний режим очищення СВ, що призведе до збільшення ККД.

Аналіз досліджень і публікацій. У вітчизняній науці проблемам поліметричних вимірювань присвячені численні наукові роботи співробітників кафедри морського приладобудування НУК ім. адм. Макарова – д. т. н., професора Жукова Ю. Д., д. т. н., професора Гордєєва Б. М., к. т. н., доц. Зівенко А. В., доц. Грешнова А. Ю., викладача Прищєпова Є. О.

Формування цілей статті (постановка завдання). Метою статті є обґрунтування можливості використання методу поліметричних вимірювань для контролю якості суднових СВ, Встановлення зв'язку між параметрами поліметричних сигналів та концентрацією забруднювача, встановлення залежності діелектричної проникності від концентрації та температури.

Виклад основного матеріалу дослідження. Оперативна оцінка вмісту шкідливих домішок у СВ є першочерговим завданням для їх ефективного очищення. Більшість, наявних в наш час методів не можуть бути використані у суднових умовах через свою високу ціну, обмежений діапазон вимірювань, необхідність застосування хімічних реактивів.

Метод поліметричних вимірювань, в свою чергу, дозволяє здійснювати контроль необхідних параметрів (концентрація, температура, рівень) в режимі реального часу.

Контролю підлягають наступні параметри – концентрація забрудників, температура, та рівень рідких відходів

Поліметричний метод базується на формуванні поліметричного сигналу і його інтерпретації з метою оперативної оцінки множини характеристик контролюваного об'єкту [6].

Процес формування сигналу включає генерацію короткого імпульсу, контактне зондування цими імпульсами середовища шляхом їх випромінювання в середовище за допомогою поліметричного перетворювача спеціальної конструкції, приймання, первинну обробку сукупності випромінених та отриманих сигналів для оцінки потрібних характеристик

При цьому реакція середовища на короткий зондуючий імпульс містить у собі інформацію про електрофізичні параметри середовища.

Зміна характеристик сигналу (коефіцієнт відображення, коефіцієнт скорочення) відбувається за рахунок зміни діелектричної проникності, яка в свою чергу пов'язана з концентрацією шкідливих речовин. Отже, фізико-хімічні властивості середовища зв'язані з електрофізичними параметрами, що і дозволяє використовувати метод поліметричних вимірювань.

З діелектричною проникністю пов'язані такі характеристики сигналів, як коефіцієнт скорочення [1; 5].

$$K_{ск} = \sqrt{\mu\epsilon}, \quad (1)$$

де ϵ – діелектрична проникність

μ – магнітна проникність (приймається рівною 1 для методу поліметричних вимірювань) та коефіцієнт відображення [1; 5].

$$K_B = \frac{1-\sqrt{\epsilon}}{1+\sqrt{\epsilon}} = \frac{U_B}{U_{\Pi}} \quad (2)$$

де U_B – амплітуда відображеного сигналу від границі розподілу середовищ;

U_{Π} – амплітуда сигналу, що приходить на границю розподілу середовищ

За даними [2] основним забруднювачем у СВ є карбамід, тому його розчин використовувався для моделювання СВ.

Для отримання сигналів, що відповідають різним концентраціям карбаміду, використовувалася система «САДКО-ОЙЛ», датчиком слугувала довга лінія, контроль температури здійснювався з допомогою термоподвіски.

Суть експерименту полягала в наступному: У сталому об'ємі рідини ($V = 0,004 \text{ м}^3$) і при сталому рівні, що відповідав 510 мм, змінювалася концентрація (0 %; 5 %; 10 %; 20 %; 25 %; 30 %; 40 %; 50 %). І для кож-

ного значення концентрації фіксувався відповідний сигнал. Для отримання впливу температури, експеримент повторювався для значень температури 18 °С, 25 °С, 30 °С.

На рисунку 2 показані сигнали для двох різних концентрацій карбаміду при однаковій температурі.

Сигнал, що відповідає концентрації $C = 50 \%$, має більшу амплітуду відображення від границі розподілу середовищ (U_B2), та більший коефіцієнт скорочення ($K2$). Це означає, що параметри поліметричних сигналів корелюють з концентрацією та діелектричною проникністю середовища і при зміні концентрації карбаміду відповідно зміниться і амплітуда відображення від границі розподілу.

На рисунку 3 показані суміщені сигнали для різних значень температур, при однаковій концентрації $C = 25 \%$. Зменшення амплітуди імпульсу відображеного від границі розподілу доводить, що при зростанні температури діелектрична проникність зменшується.

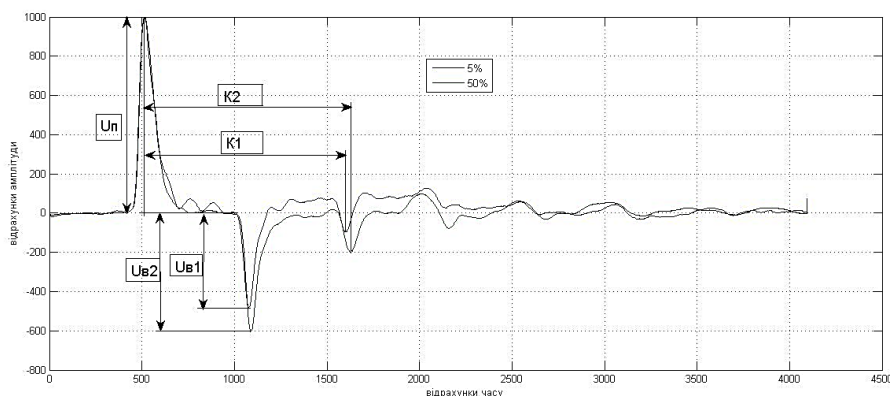


Рис. 1. Суміщені сигнали 5 % і 50 % для температури 18 °С

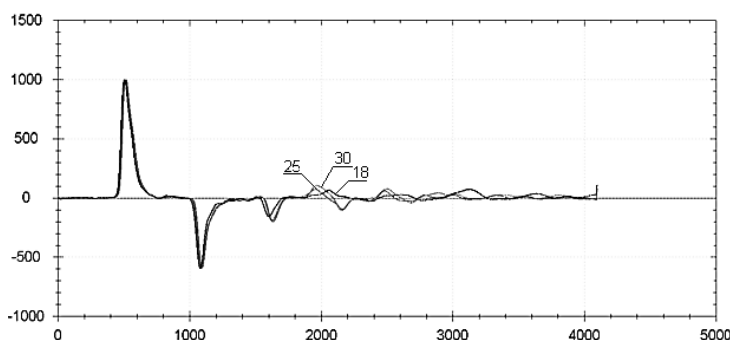


Рис. 2. Суміщені сигнали для концентрації 25 % при різних температурах

Експериментально були отримані значення коефіцієнту відображення, показані у таблиці 1.

Таблиця 1

Значення коефіцієнту відображення

Температура, °С \ Концентрація, %	18	25	30
0	0,44	0,42	0,58
5	0,46	0,43	0,57
10	0,486	0,44	0,58
20	0,51	0,47	0,59
25	0,52	0,51	0,59
30	0,56	0,55	0,596
40	0,61	0,59	0,596
50	0,63	0,61	0,596

За даними [3], приймаємо, що зі зміною температури, помітно змінюється лише діелектрична проникність води. Діелектрична проникність карбаміду прийнята 2.5.

Регресією отримаємо наступну (лінійну) залежність діелектричної проникності від концентрації та температури

$$\epsilon = 46 \cdot C - 0,36 \cdot T + 87,81 \quad (3)$$

Для температури 18 °C отримана наступна залежність (регресія сплайном 3 порядку) концентрації від коефіцієнту відображення, визначеного експериментально (таблиця 1)

$$C = 5499,51 \cdot K_{\text{в}}^3 - 8918,03 \cdot K_{\text{в}}^2 + 5031,64 \cdot K_{\text{в}} - 956,92, \quad (4)$$

де $K_{\text{в}}$ – коефіцієнт відображення

Для температури 25 °C:

$$C = 18832,77 \cdot K_{\text{в}}^3 - 29200,40 \cdot K_{\text{в}}^2 + 15187 \cdot K_{\text{в}} - 2624,09 \quad (5)$$

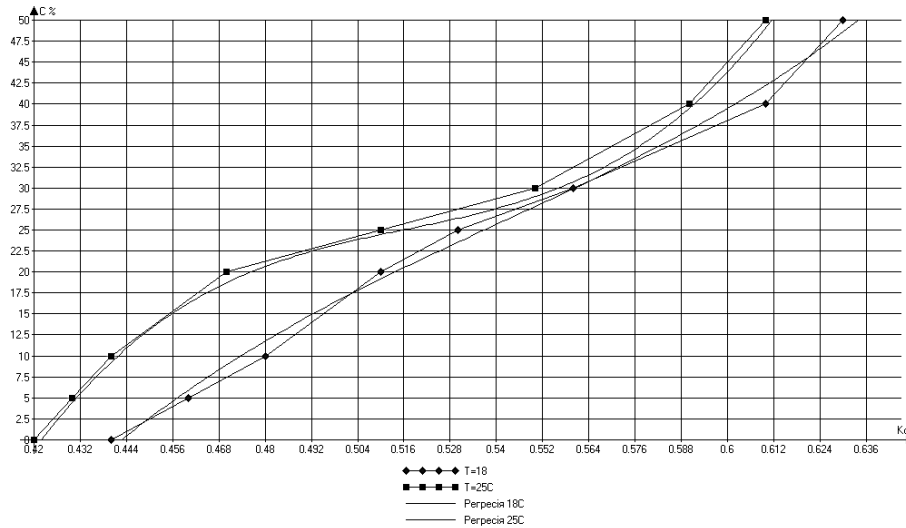


Рис. 3. Залежність концентрації від коефіцієнту відображення

Підставивши вираз (4) в (3) отримаємо експериментальне значення проникності, що виражена через отриманий коефіцієнт відображення, для температури 18 °C:

$$\epsilon = 46 \cdot [5499,51 \cdot K_{\text{в}}^3 - 8918,03 K_{\text{в}}^2 + 5031,64 \cdot K_{\text{в}} - 956,92 / 100] - 0,36 \cdot 18 + 87,81 \quad (6)$$

значення проникності для температури 25 °C відповідно:

$$\epsilon = 46 \cdot [(18832,77 \cdot K_{\text{в}}^3 - 29200,400 \cdot K_{\text{в}}^2 + 15187 \cdot K_{\text{в}} - 2624,09) / 100] - 0,36 \cdot 25 + 87,81 \quad (7)$$

Експериментальні та отримані з [3] значення проникності наведені в таблиці 2.

Таблиця 2

Значення діелектричної проникності для температур 18 °C та 25 °C (теоретичні та експериментальні)

Концентрація, %	18 °C		25 °C	
	ε теор	ε експ	ε теор	ε експ
0	81,33	80,842	78,81	78,396
5	83,63	84,034	81,11	81,032
10	85,93	87,47	83,41	83,216
20	90,53	90,14	88,01	87,579
25	92,83	91,161	90,31	90,231
30	95,13	95,086	92,61	92,315
40	99,73	100,772	97,21	97,157
50	104,33	103,678	101,81	101,652

На рисунку 4 зображені експериментальні та довідникові значення проникності.

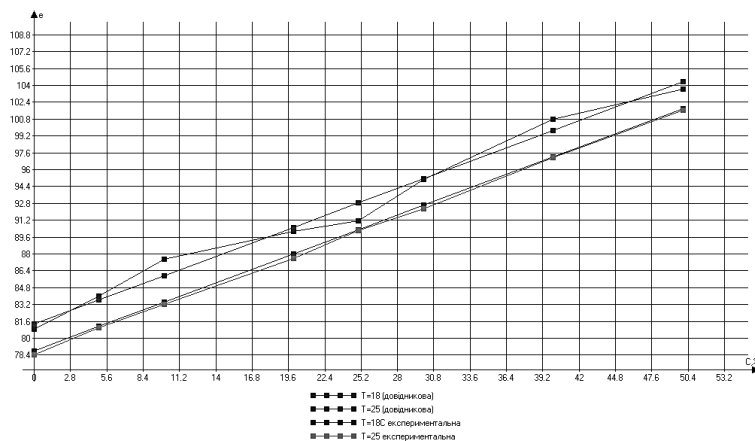


Рис. 4. Діелектрична проникність для температур 18 °C та 25 °C (довідникова та експериментальна)

Залежність експериментальних значень проникності від температури та концентрації приведені на рисунках (5) та (6).

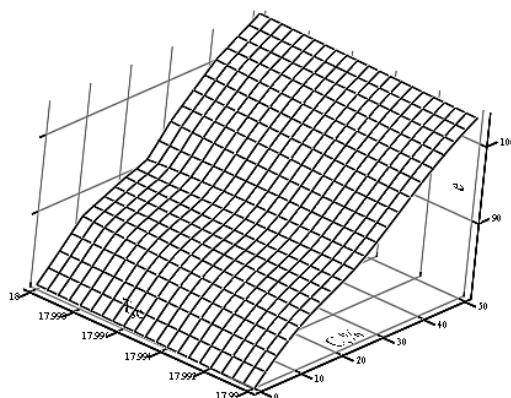


Рис. 5. Залежність діелектричної проникності від концентрації та температури ($T = 18\text{ }^{\circ}\text{C}$)

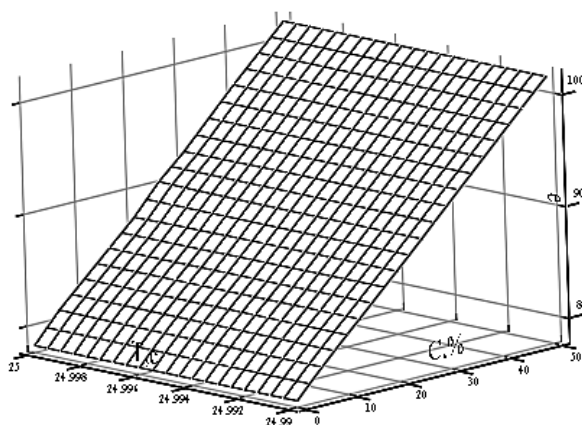


Рис. 6. Залежність діелектричної проникності від концентрації та температури ($T = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$)

Враховуючи отримані експериментальні дані (таблиця 1) та і залежності (6, 7) підтверджується, що параметри сигналів корелюють з параметрами середовища, а значить метод поліметричних вимірювань може використовуватися для контролю вмісту шкідливих речовин у стічних водах.

Крім того, вимірюючи часову затримку між зондуючим та відображеним від границі розподілу імпульсами, можна отримати інформацію про рівень стічних вод ємності накопичення [6].

Висновки. В результаті експерименту отримані поліметричні сигнали, що корелюють з основними параметрами суднових стічних вод, а саме з концентрацією карбаміду та температурою. Виявлено одноз-

начну залежність коефіцієнту відображення від концентрації (збільшення амплітуди при збільшенні концентрації). Була отримана аналітична залежність концентрації та діелектричної проникності від коефіцієнту відображення.

Порівняння отриманих даних діелектричної проникності з довідниковими виявило розходження не більше 5%.

Виходячи з вищенаведеного, метод поліметричних вимірювань можливо використовувати для контролю якості суднових стічних вод та як елемент системи автоматичного керування вибору параметрів роботи системи очищення, та системи контролю рівня.

ЛІТЕРАТУРА

1. Жуков Ю. Д. Полиметрические системы: теория и практика : [монографія] / Ю. Д. Жуков, Б. Н. Гордеев, А. В. Зивенко, А. Ю. Грешнов и др. ; под. Ред. Ю. Д. Жукова. – Николаев : «Атолл», 2012. – 382 с.
2. Средства очистки жидкостей на судах-справочник / под редакцией к. т. н. И. А. Иванова. – Ленинград : «Судостроение», 1984.
3. Static Dielectric Constants of Pure Liquids and Binary Liquid Mixtures – Ch. Wohlfarth, M. D. Lechner, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2008.
4. Исследование объектов с помощью пикосекундных импульсов / под редакцией проф. Г. В. Глебовича. – Москва : «Радио и связь», 1984.
5. Гордеев Б. Н. Определение электрофизических характеристик газообразных и жидких сред по анализу рефлектограмм полиметрического сигнала / Гордеев Б. Н.

6. Зивено А. В. Сравнение информационной эффективности полиметрических и традиционных измерительно- вычислительных комплексов // Збірник наукових праць НУК. – № 3. – 2015. – С. 72–79.

Ю. Д. Жуков, С. А. Никольчук,

Национальный университет кораблестроения им. адмирала Макарова, г. Николаев, Украина

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ПОЛИМЕТРИЧЕСКОЙ ИЗМЕРЕНИЙ ДЛЯ ОПЕРАТИВНОГО КОНТРОЛЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ В СУДОВЫХ СТОЧНЫХ ВОДАХ

В статье предложено использовать метод полиметрических измерений для контроля содержания вредных примесей в судовых системах очистки сточных вод. Показано, что параметры полученных сигналов связаны с концентрацией вредных веществ, приведены экспериментально полученные (с помощью системы «САДКО-ОЙЛ») полиметрические сигналы, которые соответствуют различным концентрациям загрязнителя (карбамида) при разных температурах. Получены значения диэлектрической проницаемости с помощью экспериментального определённого коэффициента отражения. Показана корреляция сигналов в зависимости от концентрации и температуры. Приведены перспективы использования метода полиметрических измерений.

Ключевые слова: полиметрический сигнал; зондирующий импульс; карбамид.

Yu. D. Zhukov, S. A. Nicolchuk,

Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Mykolayiv, Ukraine

USING THE METHOD POLYMETRIC MEASUREMENTS FOR OPERATIONAL CONTROL CONCENTRATION OF HARMFUL SUBSTANCES IN SHIP WASTEWATER

This paper proposed to use the method polymetric measurements to monitor the content of harmful impurities in the marine wastewater treatment systems. It is shown that the parameters of the received signal associated with the concentration of harmful substances, shows the experimentally obtained (with «Sadko-OIL» system) polymetric signals that correspond to the different concentrations of the pollutant (urea) at different temperatures. The values of the dielectric constant with the help of certain experimental reflectance. A correlation signals, depending on concentration and temperature. Presents a perspective of the polymetric measurements.

Key words: polymetric signal probe pulse; urea.