

УДК 004.514

ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ НА СУДНАХ МОРСЬКОГО І РІЧКОВОГО ФЛОТУ

Беспалова А. В.¹, Хотін С. Ю.², Коновалов С. М.²

¹Одеська державна академія будівництва та архітектури

²Одеський національний морський університет

Анотація: Забезпечення морських і річкових суден очищеною прісною водою є завданням першорядної ваги, оскільки від цього залежить забезпечення найважливіших життєвих потреб членів екіпажу і пасажирів судна. Стічні води з суден також необхідно очищати перед викидом в довкілля. Крім того, водоочисне обладнання є однією з ключових систем спеціалізованих суден енерго- і життєзабезпечення. На сучасних суднах водоочисні системи працюють в автоматичному режимі під управлінням комп'ютерів, стабільність роботи яких забезпечує керуюча інформаційна система.

Дана робота присвячена розробці інформаційної системи для управління і контролю над технологічними процесами очищення води, при цьому в ній було вирішено ряд першорядних прикладних завдань.

Розглянуто основні аспекти розробки інформаційної системи для очищення води на суднах морського і річкового флоту різного призначення, включаючи вимоги до системи, її архітектуру, технічні рішення, що використовувались, а також методи аналізу даних та інтеграцію з іншими системами судна. Описані основні вимоги до систем подібного типу, їх архітектура. Був розроблений детальний макет інтерфейсу користувача, який у повному обсязі описує роботу інформаційної системи. Розглянуто формули, які використовуються в даній системі, завдяки яким виконуються розрахунки щодо очищення води, а також електроенергії, що споживає система. Наведені приклади роботи системи на основі розрахунків за розглянутими формами, а також приклади виконання інформаційною системою графіків, які показують ефективність очищення води та споживчої електроенергії за цей час. Також наведена таблиця, яку генерує система, що показує параметри якості води до та після очищення. Все це показує роботу інформаційної системи для очищення води на суднах різного призначення, включаючи спеціальні судна для енергозабезпечення великих будівельних об'єктів і населених пунктів при надзвичайних ситуаціях різного характеру, яка допомагає візуалізувати та аналізувати дані, що дозволяє вчасно вживати необхідних заходів для підтримки високої якості води, а це, в свою чергу, забезпечує безпеку, комфорт та екологічність судноплавства, сприяє виконанню міжнародних стандартів та покращенню загальної екологічної ситуації у світовому океані.

Описана в статті інформаційна система може знайти широке застосування в якості програмного забезпечення роботи автоматизованого водоочисного комплексу на суднах різного призначення.

Ключові слова: інформаційна система, очищення води, судна морського флоту, інтерфейс користувача, візуалізація.



INFORMATION SYSTEM FOR WATER PURIFICATION ON MARINE AND RIVER FLEET VESSELS

A. Bespalova¹, S. Khotin², S. Konovalov²

¹*Odesa State Academy of Civil Engineering and Architecture*

²*Odesa National Maritime University*

Abstract: Providing sea and river vessels with purified fresh water is a task of primary importance, as it depends on providing the most important vital needs of the crew members and passengers of the vessel. Waste water from vessels must also be purified before being released into the environment. In addition, water purification equipment is one of the key systems of specialized energy and life support vessels. On modern ships, water purification systems work in automatic mode under the control of computers, the stability of which is ensured by the control information system.

This work is devoted to the development of an information system for the management and control of technological processes of water purification, while a number of primary applied tasks were solved in it.

The main aspects of the development of an information system for water treatment on ships of the sea and river fleet of various purposes are considered, including the requirements for the system, its composition, the technical solutions that were used, as well as the methods of data analysis and integration with other systems of the ship. The main requirements for systems of this type and their architecture are described. A detailed layout of the user interface was developed, which fully describes the operation of the information system. The formulas used in this system are considered, thanks to which calculations are performed regarding water purification, as well as the electricity consumed by the system. Examples of the system's operation based on calculations based on the considered forms, as well as examples of the execution of graphs by the information system, which show the efficiency of water purification and consumer electricity during this time, are given. Also shown is a table generated by the system showing water quality parameters before and after treatment. All this shows the operation of the information system for water purification on vessels of various purposes, including special vessels for the energy supply of large construction objects and settlements in emergency situations of various nature, which helps to visualize and analyze data, which allows you to take the necessary measures in time to maintain high quality water, and this, in turn, ensures the safety, comfort and environmental friendliness of shipping, contributes to the fulfillment of international standards and the improvement of the general ecological situation in the world ocean.

The information system described in the article can be widely used as software for the operation of an automated water treatment complex on ships of various purposes.

Keywords: information system, water treatment, sea vessels, user interface, visualization.

1 ВСТУП

Експлуатація судів неминуче пов'язана з виникненням та вирішенням проблем охорони навколишнього середовища та із забезпеченням відповідності викидів та скидів забруднюючих речовин сучасним нормативним вимогам. В даний час на флоті переважно застосовуються два способи вирішення проблеми судових відходів [1].

1. Роздільне накопичення всіх видів відходів для здавання на берег.

Перевагою цього є високий ступінь очищення та реутилізації відходів при переробці на великих берегових підприємствах. Крім того, на судні потрібний мінімум спеціального обладнання. Недоліком є необхідність мати ємності, що потребує додаткових приміщень та зменшує провізну здатність. Цей спосіб застосовується на малих судах з нетривалими маршрутами та частими зупинками, але абсолютно неприйнятним для великих транспортних суден.

2. Переробка відходів на борту судна за допомогою спеціальних систем для очищення стічних (СВ) та нафтовмісних (НВ) вод, а також інсинераторів. Перевагами цього є:

- велика автономність плавання,
- скорочення простоїв, мінімальні накопичувальні ємності та, як наслідок, ефективність таких суден.

До недоліків відносяться: складність та дорожнеча зазначених систем, а також спеціального обслуговування, необхідність додаткових витрат енергії. Дане рішення поширилося переважно на морських судах та судах річка-море плавання. Однак наявне обладнання переробки окремих видів відходів у більшості випадків вже морально та фізично застаріло, не завжди забезпечує виконання вимог сучасної документації, що регламентує, нове ж є дорогим при встановленні та в обслуговуванні, має високу енергоємністю і в цілій низці річкових суден з різних причин встановлення зазначених пристроїв неможливе.

Аналіз ситуації питання показує, що остаточний вибір способу видалення забруднень із суден залежить від багатьох факторів.

2 АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДАНИХ ТА ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Через міжнародний характер морських перевезень вже понад півстоліття функціонують міжнародні правила, що регулюють їх санітарні аспекти. Міжнародні санітарні правила 1951 р. замінені Міжнародними медико-санітарними правилами (ММСП), прийнятими ВОЗ у 1969 р. У 2005 році на 58-й сесії Всесвітньої асамблеї охорони здоров'я ММСП були переглянуті та доповнені.

Керівництво з судової санітарії стало офіційним загальносвітовим зведенням санітарних вимог до будівництва та експлуатації суден. Вихідною метою цього документа була стандартизація санітарних заходів, що здійснюються на судах з метою охорони здоров'я пасажирів та працівників та запобігання передачі інфекції з однієї країни до іншої [2].

В останні роки тема екологічної безпеки на морських судах стає дедалі актуальнішою. Одним із ключових аспектів, що потребують особливої уваги, є очищення води [3, 4]. Забруднення води на судах може призвести до серйозних екологічних наслідків та негативно позначитися на здоров'ї екіпажу та пасажирів. Розробка та впровадження сучасних інформаційних систем для очищення води дозволяють не лише покращити якість води на борту, а й забезпечити відповідність суворим міжнародним екологічним стандартам. Крім того вищевказані системи, сприятимуть розробці та створенню високопродуктивних водоопріснювальних установок для суден енергожиттєзабезпечення. [5, 6].

Інформаційна система для очищення води на суднах включає комплекс апаратних і програмних рішень, спрямованих на моніторинг якості води, автоматизацію процесів очищення і своєчасне реагування на відхилення від норм. Така система дозволяє значно підвищити ефективність експлуатації суден, мінімізувати ризики забруднення навколишнього середовища та забезпечити комфортні умови для всіх, хто знаходиться на борту [7, 8].

Мета цієї статті – розглянути основні аспекти розробки інформаційної системи для очищення води на суднах морського і річкового флоту, включаючи вимоги до системи, її архітектуру, технічні рішення, що використовуються, а також методи аналізу даних та інтеграцію з іншими системами судна.

3 ЦІЛЬ ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Інформаційна система для очищення води досить складна в технічному та інформаційному аспекті, тому має задовольняти багатьом вимогам, зокрема [9]:

- моніторинг якості води: система повинна вимірювати основні показники якості води, такі як рН (водневий показник – міра кислотності водних розчинів), рівень забруднень, вміст важких металів та мікроорганізмів;
- автоматизація процесів очищення: інформаційна система повинна керувати обладнанням для очищення води в автоматичному режимі, мінімізуючи втручання людини;
- аналіз та звітність: система повинна збирати дані, аналізувати їх та генерувати звіти для прийняття управлінських рішень;
- інтеграція з іншими системами: можливість інтеграції з системами керування судном та екологічного моніторингу.

Архітектура інформаційної системи для очищення води включає декілька ключових компонентів: датчики та сенсори; центральний контролер; очисне обладнання; серверна частина; інтерфейс користувача; системи судна.

Взаємодію цих компонентів між собою схематично показано на рис. 1.



Рис. 1. Схема очищення води на судні

Датчики та сенсори встановлюються в різних точках системи очищення, вони вимірюють параметри якості води (рН, турбідність (каламутність), вміст хлору і т.д.).

Центральний контролер збирає дані з датчиків та керує роботою очисного обладнання.

Очисне обладнання складається з різних пристроїв для очищення води: фільтри, насоси, ультрафіолетові лампи та ін. Також він здійснює фізичне та хімічне очищення води. Серверна частина зберігає та обробляє дані. Може бути реалізована як на борту судна, так і у хмарі.

Інтерфейс користувача – панель керування, що надає доступ до моніторингу системи та керування нею, може бути доступний з комп'ютера або мобільного пристрою.

Далі йде інтеграція з іншими системами судна: система управління судном (передача даних про якість води до системи управління судном для прийняття рішень капітаном та командою), екологічний моніторинг (інтеграція із системою екологічного моніторингу для дотримання міжнародних стандартів та норм) тощо.

Для розробки інтерфейсу програми з очищення води на судах морського флоту важливо забезпечити зручність використання, інформативність та функціональність. Нижче наведено приклад макету інтерфейсу інформаційної системи, який включає основні елементи управління та моніторингу (рис. 2):

- головна панель;
- моніторинг якості води;
- керування очисним обладнанням;
- аналіз даних та звіти;
- налаштування системи;
- повідомлення та оповіщення.

Головна панель

Інформаційна система очищення води

Рівень pH: 7.0 Температура: 25 °C

Турбідність: 0.5 NTU Хлор: 0.5 ppm

Мікроорганізми: 1 CFU/ml

1. Моніторинг якості води
2. Керування очисним обладнанням
3. Аналіз даних та звіти
4. Налаштування системи
5. Повідомлення та оповіщення

a)

Моніторинг якості води

Рівень pH: 7.0

Турбідність: 0.5 NTU

Хлор: 0.5 ppm

Мікроорганізми: 1 CFU/ml

Графіки та тренди:

- Графік рівня pH
- Графік турбідності
- Графік залишкового хлору
- Графік ефективності фільтрації
- Графік споживання електроенергії

Назад

b)

Керування очисним обладнанням

Насоси: Увімк./Вимк Фільтри: Увімк./Вимк

УФ-лампи: Увімк./Вимк

Хімікати: Увімк./Вимк

Режим роботи:

- Автоматичний
- Ручний

Назад

c)

Аналіз даних та звіти

Вибір періоду:

- Останні 24 години
- Останні 7 днів
- Останній місяць

Звіти:

- Стан води
- Ефективність очищення

Назад

d)

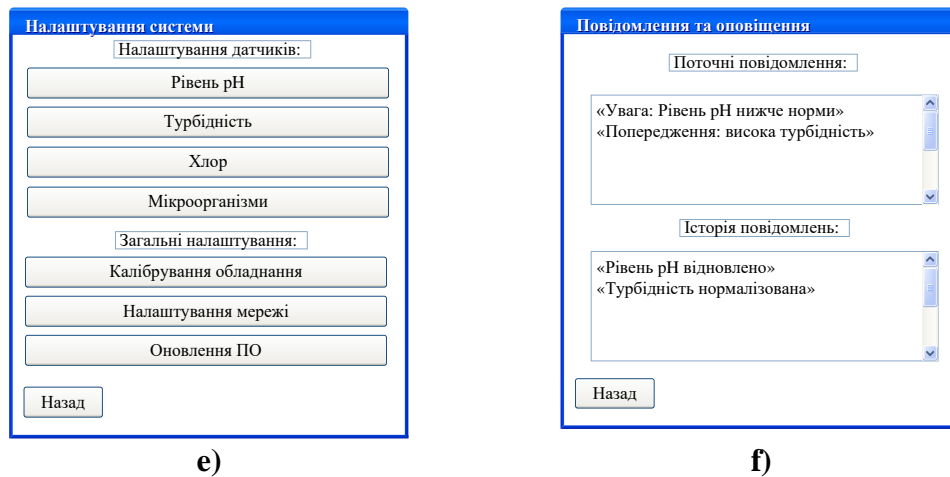


Рис. 2. Основні елементи інтерфейсу:

а) головна панель; б) моніторинг якості води; в) управління очисним обладнанням; г) аналіз даних та звіти; е) налаштування системи; ф) повідомлення та оповіщення

Головна панель надає загальний огляд стану системи та основних параметрів якості води. Екран моніторингу якості води надає детальну інформацію про поточний стан води. Екран керування дозволяє контролювати та керувати очисним обладнанням. Екран аналізу даних надає можливість переглядати та генерувати звіти про стан води. Екран налаштувань дозволяє змінювати параметри системи та конфігурацію датчиків. Екран повідомлень показує поточні та минулі оповіщення системи.

Математична модель опріснювальної установки з МСП розроблена в [10, 11] і заснована на рівняннях збереження маси й енергії. Однак наведена там система рівнянь є перевизначеною, у результаті чого ітераційний процес розрахунків не приводить до вирішення.

Приведемо кілька важливих формул, які використовуються інформаційною системою для очищення води:

1. Формула для розрахунку рН. Рівень рН води є важливим параметром, який вимірюється у процесі очищення. Він визначається як негативний логарифм концентрації іонів водню

$$pH = -\log [H^+],$$

де $[H^+]$ – концентрація іонів водню в молях на літр (моль/л).

2. Формула для розрахунку турбідності (каламутності). Турбідність (каламутність) води вимірюється в NTU (Nephelometric Turbidity Units), і може бути представлена через коефіцієнт розсіювання світла частинками, що знаходяться у воді

$$T = \frac{I_0}{I},$$

де T – турбідність (каламутність) (NTU);

I_0 – інтенсивність світла, що проходить через чисту воду;

I – інтенсивність світла, що проходить через зразок води.

3. Формула для розрахунку залишкового хлору. Залишковий хлор у воді визначається як різниця між введеним хлором і хлором, що реагував із забруднювачами

$$Cl_{res} = Cl_{total} - Cl_{react},$$

де Cl_{res} – залишковий хлор (ppm);

Cl_{total} – загальний введений хлор (ppm);

Cl_{react} – хлор, що реагував із забруднювачами (ppm).

4. Формула для розрахунку ефективності фільтрації. Ефективність фільтрації може бути оцінена за такою формулою

$$\eta = \frac{C_{in} - C_{out}}{C_{in}} \times 100\%,$$

де η – ефективність фільтрації (%);

C_{in} – концентрація забруднювачів на вході (мг/л);

C_{out} – концентрація забруднювачів на виході (мг/л).

5. Формула для розрахунку споживання електроенергії. Споживання електроенергії системою очищення води можна розрахувати таким чином

$$E = P \times t,$$

де E – споживання електроенергії (кВт год);

P – потужність обладнання (кВт);

t – час роботи обладнання (години).

Використання даних формул дозволяє не тільки автоматизувати процеси моніторингу та управління системою очищення води на судах, а й проводити аналітичну роботу з оптимізації цих процесів. Впровадження таких математичних підходів сприяє підвищенню загальної ефективності та надійності роботи системи, забезпечуючи стабільну якість води на борту суден.

Розглянемо приклади розрахунку представлених вище формул:

Приклад 1: Розрахунок рівня рН. Якщо концентрація іонів водню у воді $[H^+]$

становить 1×10^{-7} моль/л, то рівень рН дорівнюватиме

$$pH = -\log[1 \times 10^{-7}] = 7.$$

Приклад 2: Розрахунок турбідності (каламутності). Якщо інтенсивність світла, що проходить через чисту воду I_0 становить 100 одиниць, а інтенсивність світла, що проходить через зразок води I – 5 одиниць, то турбідність T можна розрахувати так

$$T = \frac{5}{100} = 0.05 NTU.$$

Це спрощений приклад, що показує принцип розрахунку турбідності. У реальній практиці точність вимірювань та розрахунку може залежати від калібрування обладнання, умов вимірювання та характеристик частинок у воді.

Приклад 3: Розрахунок залишкового хлору. Якщо загальний введений хлор Cl_{total} становить 2.0 ppm, а хлор, що реагував із забруднювачами Cl_{react} – 1.5 ppm, то залишковий хлор Cl_{res} дорівнюватиме

$$Cl_{res} = 2.0 \text{ ppm} - 1.5 \text{ ppm} = 0.5 \text{ ppm}$$

Приклад 4: Розрахунок ефективності фільтрації. Якщо концентрація забруднювачів на вході фільтра C_{in} становить 10 мг/л, а на виході C_{out} – 1 мг/л, то ефективність фільтрації η буде

$$\eta = \frac{10-1}{10} \times 100\% = 90\%.$$

Приклад 5: Розрахунок споживання електроенергії. Якщо потужність обладнання P становить 2.5 кВт, а час роботи обладнання t – 8 годин, то споживання електроенергії E можна розрахувати так

$$E = 2.5 \text{ кВт} \times 8 \text{ годин} = 20 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Крім цього, наведено приклади візуалізації інформаційною системою графіків, які наочно показують важливі аспекти системи очищення води, зокрема графіків рівня рН (рис. 3), рівня турбідності (рис. 4), зміни рівня залишкового хлору (рис. 5), ефективності фільтрації забруднювачів (рис. 6) та розрахунку споживання енергії в системі очищення води (рис. 7).

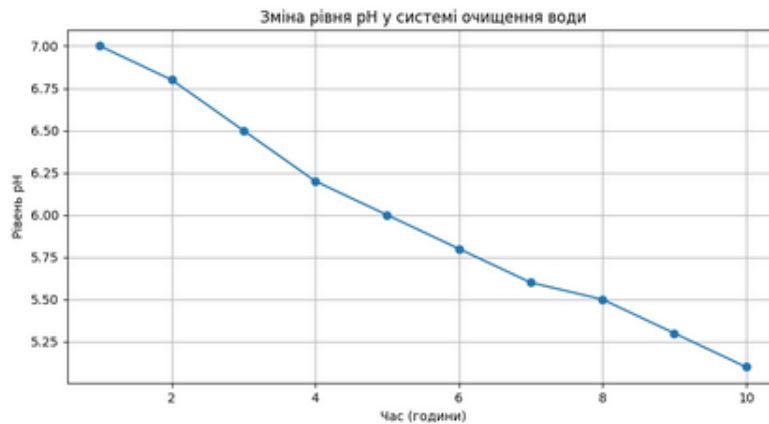


Рис. 3. Зміна рівня рН у системі очищення води

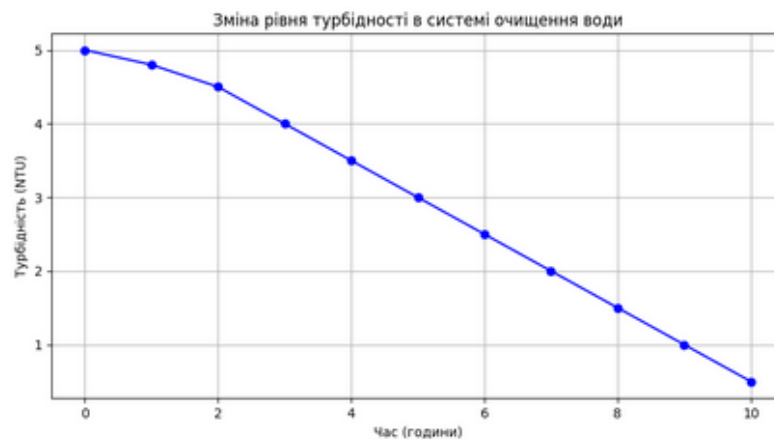


Рис. 4. Зміна рівня турбідності в системі очищення води

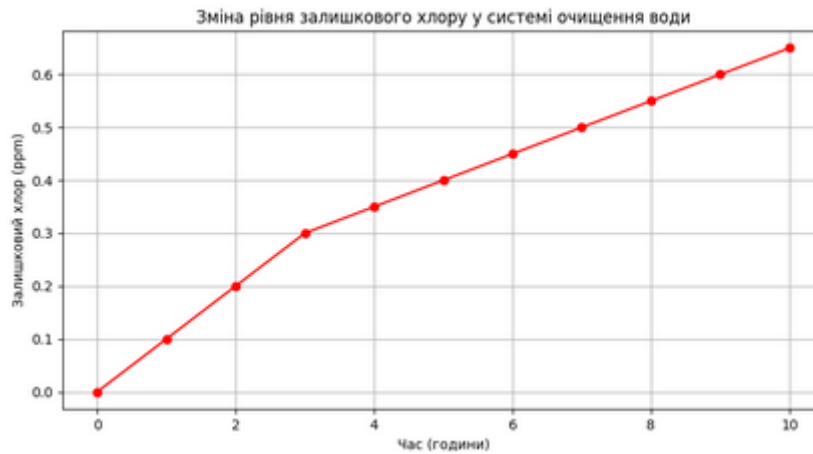


Рис. 5. Зміна рівня залишкового хлору у системі очищення води

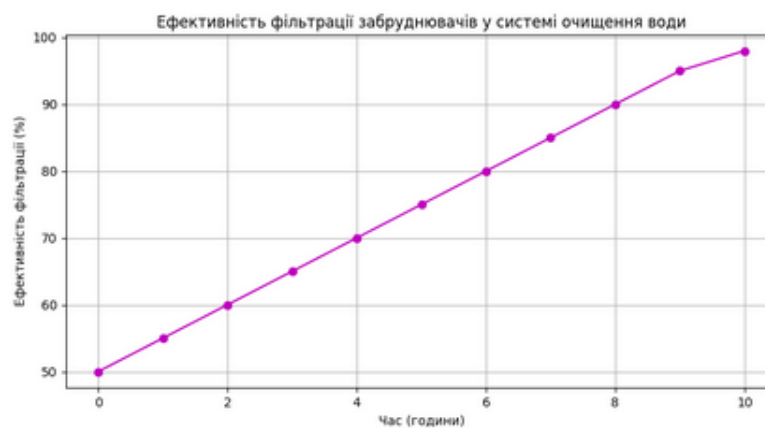


Рис. 6. Ефективність фільтрації забруднювачів у системі очищення води

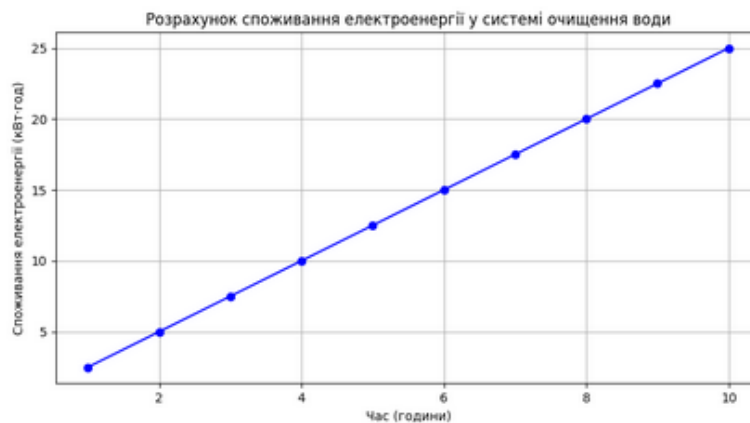


Рис. 7. Розрахунок споживання електроенергії у системі очищення води

На цих графіках видно, як рівні рН і турбідності (каламутності) води поступово знижуються в міру проходження процесу очищення протягом 10 годин, при цьому, рівень залишкового хлору, ефективність фільтрації забруднювачів, а також споживання енергії, за ці ж 10 годин, навпаки, підвищуються. Такі графіки допомагають візуалізувати ефективність системи очищення води та приймати рішення для її оптимізації, а також планувати енергоспоживання та керування ресурсами.

Інформаційна система дозволяє збирати дані про роботу системи очищення води та аналізувати їх за допомогою різних методів. Це включає в себе:

- аналіз трендів – виявлення довгострокових змін у параметрах якості води;



- порівняльний аналіз – порівняння ефективності різних методів очищення;
- звіти та повідомлення – автоматичне створення звітів та повідомлення відповідальних осіб про виникнення проблем.

Зокрема, до звіту про ефективність очищення входить подібна таблиця про параметри якості води до та після очищення (табл. 1).

Таблиця 1

Параметри якості води до та після очищення

Параметр	До очищення	Після очищення
Рівень рН	6.0	7.0
Турбідність (NTU)	5.0	0.5
Хлор (ppm)	0.0	0.5
Мікроорганізми	1000 CFU/ml	1 CFU/ml

Таблиця 1 демонструє покращення якості води після проходження через систему очищення.

4 ОБГОВОРЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

Сучасні технології моніторингу та автоматизації процесів очищення води значно підвищують точність контролю та оперативність реагування на зміни параметрів води. Інтеграція інформаційної системи з іншими системами судна, такими як система управління судном та екологічний моніторинг сприяє створенню єдиного інформаційного простору, що підвищує загальну ефективність управління судном.

На прикладі аналізу зміни рівня рН, турбідності, рівня залишкового хлору, ефективності фільтрації забруднювачів, а також розрахунку споживання енергії в системі очищення води було показано, як використання інформаційної системи допомагає візуалізувати та аналізувати дані, що дозволяє вчасно вживати необхідних заходів для підтримки високої якості води.

5 ВИСНОВКИ

Розробка та впровадження інформаційної системи для очищення води на суднах морського і річкового флоту є важливими кроками на шляху до підвищення екологічної безпеки та ефективності судноплавства. Така система дозволяє забезпечити стабільну якість води, необхідну для здоров'я екіпажу та пасажирів, а також мінімізувати негативний вплив на довкілля. Крім цього, вищеописана інформаційна система забезпечить ефективне функціонування водоочисних установок суден для енергозабезпечення великих будівельних об'єктів і прибережних населених пунктів.

Таким чином, інформаційна система для очищення води на морських і річкових суднах різного призначення є невід'ємним елементом сучасної морської інфраструктури, що забезпечує безпеку, комфорт та екологічність судноплавства, а також дозволить вирішити проблему водопостачання прибережних населених пунктів та об'єктів економіки. Впровадження таких систем сприяє не тільки виконанню міжнародних стандартів, а й покращенню загальної екологічної ситуації у світовому океані, а крім того, вони допоможуть забезпечити поліпшення умов життя і роботи людей, які проживають в прибережних районах, в тому числі і при надзвичайних ситуаціях.

6 ЕТИЧНІ ДЕКЛАРАЦІЇ

Публікуючи статтю, її автори не переслідують ніяких фінансово-комерційних інтересів і дозволяють безоплатно використовувати її матеріали іншим особам для цитування в наукових дослідженнях, за умови вказівки посилань на неї в своїх наукових роботах, якщо вони не є діяльністю комерційного характеру з метою особистого збагачення.

Література

1. Судовые установки очистки сточных вод: способы очистки, устройство, эксплуатация: справ. пособие / Н.Г. Ермошкин [и др.]. 56 р. (2004).
2. Guide to Ship Sanitation. 3rd ed. Geneva: World Health Organization. (2011).
3. Кузьмінчук А. Опріснення морської води [Електронний ресурс] / А. Кузьмінчук – Режим доступу до ресурсу: <https://ecosoft.ua/ua/blog/opresnenie-morskoy-vody/> (дата звернення: 07.07.2024).
4. Зданевич Л.М. Проектна робота «Методи очищення вод» [Електронний ресурс] / Л.М. Зданевич. (2018). Режим доступу до ресурсу: <https://naurok.com.ua/proektna-robota-metodi-ochischennya-vod-43733.html> (дата звернення: 07.07.2024).
5. Єрмолаєв В.П. Правила запобігання забрудненню з суден / В.П. Єрмолаєв, А.О. Білокурець. – Київ: Регістр судноплавства України, 237 р. (2020).
6. Щелкунов А. Правила реєстрації операцій із шкідливими речовинами на суднах, у морських та річкових портах і терміналах / А. Щелкунов., 8 р. (2021).
7. Білокурець А.О. Правила щодо обладнання морських суден / А.О. Білокурець, В.П. Єрмолаєв. – Київ: Регістр судноплавства України, 385 р. (2020).
8. Сучасні підходи до високоефективного використання засобів транспорту. Колективна монографія /за редакцією В. Чимшир /. – Ізмаїл: ДІ НУ «ОМА» Київ: Міленіум, 472 с. (2020). ISBN 978-966-8063-81-6.
9. Сучасні методи очищення судових стічних та ляльних вод різного походження для зрошування сільськогосподарських культур: монографія / В.О. Чабан – Херсон: ХДМА, 2020. – 132 с. ISBN 978-966-2245-64-6.
10. Al- Juwayhel F. Analysis of single- effect evaporator desalination systems combined with vapor compression heat pumps / F. Al- Juwayhel, H. El- Dessouky, H. Ettouney // Desalination. Vol. 114. P. 253–275. (1997). DOI: 10.1016/S0011-9164(98)00017-4.
11. El- Dessouky H. T. Fundamentals of sea water desalination / H. T. El- Dessouky, H. M. Ettouney. – Amsterdam: Elsevier, 670 p. (2002).

References

1. Sudovyye ustanovki ochistki stochnyih vod: sposobyi ochistki, ustroystvo, ekspluatatsiya: sprav. posobie / N.G. Ermoshkin [i dr.]. 56 r. (2004).
2. Guide to Ship Sanitation. 3rd ed. Geneva: World Health Organization. (2011).
3. Kuzminchuk A. Oprisnennia morskoi vody [Elektronnyi resurs] / A. Kuzminchuk – Rezhym dostupu do resursu: <https://ecosoft.ua/ua/blog/opresnenie-morskoy-vody/> (data zvernennia: 07.07.2024).
4. Zdanevych L.M. Proektna robota «Metody ochyshchennia vod» [Elektronnyi resurs] / L.M. Zdanevych. (2018). Rezhym dostupu do resursu: <https://naurok.com.ua/proektna-robota-metodi-ochischennya-vod-43733.html> (data zvernennia: 07.07.2024).
5. Iermolaiev V.P. Pravyla zapobihannia zabrudnenniu z suden / V.P. Yermolaiev, A.O. Bilokurets. – Kyiv: Rehistr sudnoplavstva Ukrainy, 237 r. (2020).
6. Shchelkunov A. Pravyla reiestratsii operatsii iz shkidlyvymy rechovynamy na sudnakh, u morskikh ta richkovykh portakh i terminalakh / A. Shchelkunov., 8 r. (2021).

7. Bilokurets A.O. Pravyla shchodo obladnannia morskykh suden / A.O. Bilokurets, V.P. Yermolaiev. – Kyiv: Rehistr sudnoplavstva Ukrainy, 385 r. (2020).
8. Suchasni pidkhody do vysokoefektyvnoho vykorystannia zasobiv transportu. Kolektyvna monohrafiia /za redaktsiieiu V. Chymshyr /. – Izmail: DI NU «OMA» Kyiv: Milenium, 472 s. (2020). ISBN 978-966-8063-81-6.
9. Suchasni metody ochyshchennia sudnovykh stichnykh ta lliialnykh vod riznoho pokhodzhennia dlia zroshuvannia silskohospodarskykh kultur: monohrafiia / V.O. Chaban – Kherson: KhDMA, 2020. – 132 s. ISBN 978-966-2245-64-6.
10. Al- Juwayhel F. Analysis of single- effect evaporator desalination systems combined with vapor compression heat pumps / F. Al- Juwayhel, H. El- Dessouky, H. Ettouney // Desalination. Vol. 114. P. 253–275. (1997). DOI: 10.1016/S0011-9164(98)00017-4.
11. El- Dessouky H. T. Fundamentals of sea water desalination / H. T. El- Dessouky, H. M. Ettouney. – Amsterdam: Elsevier, 670 p. (2002).

Беспалова Алла Вікторівна

Одеська державна академія будівництва та архітектури,
д.т.н., професор
вул. Дідріхсона, 4 Одеса, Україна, 65029
bespalova.a.v.2015@gmail.com
ORCID: 0000-0003-3713-0610

Хотін Сергій Юрійович

Одеський національний морський університет,
к.т.н., доцент
вул. Мечникова, 34, Одеса, Україна, 65029
enhelios@ukr.net,
ORCID: 0000-0003-2424-9276

Коновалов Сергій Миколайович

Одеський національний морський університет
старший викладач
вул. Мечникова, 34, Одеса, Україна, 65029
wertfaert@gmail.com
ORCID: 0000-0002-2533-8660

Для посилань:

Беспалова А. В., Хотін С. Ю., Коновалов С. М. Інформаційна система для очищення води на судах морського та річкового флоту. Механіка та математичні методи, 2025. Т. VII. №. 1. с. 66–77.

For references:

A. Bespalova, S. Khotin, S. Konovalov. (2025). Information system for water purification on marine and river fleet vessels. Mechanics and Mathematical Methods. VII (1). 66-77.