

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ОДЕСЬКА МОРСЬКА АКАДЕМІЯ»
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ АВТОМАТИКИ ТА
ЕЛЕКТРОМЕХАНІКИ**

Кафедра: «Електрообладнання і автоматики суден»

ДИПЛОМНА РОБОТА МАГІСТРА

на тему:

**ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ КОНТРОЛЮ ТА УПРАВЛІННЯ У
СИСТЕМІ ОЧИЩЕННЯ БАЛАСТНИХ ВОД БАЛКЕРУ
ВОДОТОННАЖНІСТЮ 136895 ТОН**

Виконав: здобувач другого рівня вищої освіти,
групи 3601

Спеціальність:

271 – Морський та внутрішній водний транспорт
(шифр і назва спеціальності)

Спеціалізація: «Експлуатація суднового
електрообладнання і засобів автоматики»

ЖЕКОВ БОГДАН ВАСИЛЬОВИЧ

(підпис, прізвище та ініціали)

допущений до захисту 11.12.2024
(дата)

Завідувач кафедри Гвоздева І.М.
(підпис, прізвище та ініціали)

Керівник Гвоздева І.М.
(підпис, прізвище та ініціали)

Нормоконтролер В. Венценко
(підпис, прізвище та ініціали)

Рецензент Вушер В.В.
(підпис, прізвище та ініціали)

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ОДЕСЬКА МОРСЬКА АКАДЕМІЯ»

Навчально-науковий інститут автоматики та електромеханіки

Спеціалізація: Експлуатація суднового електрообладнання і засобів
автоматики

Кафедра «Електрообладнання і автоматики суден»

(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри

Гвоздева І.М.

« 11 » 12 2024 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломну роботу магістра

ЖЕКОВА БОГДАНА ВАСИЛЬОВИЧА

(прізвище та ініціали)

1. Тема: ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ КОНТРОЛЮ ТА УПРАВЛІННЯ У СИСТЕМІ ОЧИЩЕННЯ БАЛАСТНИХ ВОД БАЛКЕРУ ВОДОТОННАЖНІСТЮ 136895 ТОН

затверджена наказом ректора № 1703 від “ 04 ” грудня 2024 року

2. Термін закінчення роботи: “ 10 ” грудня 2024 року

3. Вихідні дані до роботи: параметри та схеми суднової системи очищення баластних вод, структурна схема системи управління суднової системи очищення баластних вод, параметри основних елементів системи управління суднової системи очищення баластних вод

4. Зміст дипломної роботи магістра:

1. Аналіз методів обробки і очищення баластних вод та заходи екологічної безпеки при їх скиданні. 2. Особливості технічної експлуатації системи очищення баластних вод балкеру. 3. Експериментальні дослідження процесів контролю і управління у судновій системі очищення баластних вод. 4 Розробка програмного забезпечення PLC для контролю рівня TRO у системі очищення баластних вод.

5. Перелік ілюстрацій до презентації дипломної роботи магістра: елементи та структурні схеми системи очищення баластних вод; графіки часових залежностей TRO; Блок-схеми програм роботи додаткового PLC.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи магістра	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Отримання завдання до ДРМ	30.12.2023	Виконано
2	Ознайомлення з судновою СОБВ	01.02.2023-01.04.2023	Виконано
3	Вивчення та огляд методів очищення баластних вод	02.04.2023-01.06.2023	Виконано
4	Вивчення процесів у судновій СОБВ	25.08.2023-01.10.2023	Виконано
5	Експериментальні дослідження процесів контролю і управління у судновій СОБВ	02.10.2023-01.11.2023	Виконано
6	Розробка програмного забезпечення PLC	02.11.2023-01.12.2023	Виконано
7	Створення пояснювальної записки	02.12.2023-10.12.2023	Виконано

Курсант (студент) _____

(підпис)

Жеков Б.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____

(підпис)

Гвоздева І.М.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Дипломна робота магістра: __ с., __ рис., __ табл., __ джерел.

Тема: ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ КОНТРОЛЮ ТА УПРАВЛІННЯ У СИСТЕМІ ОЧИЩЕННЯ БАЛАСТНИХ ВОД БАЛКЕРУ ВОДОТОННАЖНІСТЮ 136895 ТОН

Актуальність теми: Для забезпечення остійності судна та безпечного, надійного та ефективного керування застосовується баластна система, яка здійснює прийом і відкачування рідкого баласту через спеціальні відсіки чи цистерни.

Велика кількість проведених досліджень показала, що деякі види бактерій, рослин і тварин можуть виживати у баластних водах і осадах та переносяться навіть після подорожей тривалістю кілька тижнів. Подальше скидання баластних вод з кораблів призведе до перенесення організмів між географічно розділеними морськими районами. Скидання рідкого баласту або осадів у портові води може призвести до встановлення колонії шкідливих видів та патогенів, які можуть серйозно порушити існуючу екологічну рівновагу [1].

Можливість завдання шкоди морському середовищу через скидання баластних вод була визнана не лише Міжнародною морською організацією (ІМО), а й Всесвітньою організацією охорони здоров'я (ВООЗ), яка стурбована роллю баластних вод як поширювача бактерій епідемічних захворювань. Екологічні органи встановили контроль за скиданням баластних вод із суден, щоб звести до мінімуму потенціал колонізації річок організмами немісцевих видів [2]. Зацікавлені країни запровадили рекомендації для судновласників щодо управління баластними водами та стандартні процедури, які визнані карантинними органами портів.

ІМО вимагає від суден наявності сучасних систем очищення баластних вод з автоматизованим контролем та управлінням для захисту морського середовища. Розроблення та встановлення на суднах таких систем пов'язані з необхідністю вирішення наукових та прикладних завдань, які потребують додаткових досліджень.

Зв'язок роботи з науковими програмами, темами, планами: тематика магістерської роботи співпадає з науковими дослідженнями кафедри електрообладнання і автоматики суден Національного університету «Одеська морська академія».

Метою магістерської роботи є дослідження процесів контролю і управління у системі очищення баластних вод балкеру та обґрунтування шляхів її удосконалення.

Для досягнення вказаної мети було поставлено та вирішено наступні завдання:

- проаналізувати методи обробки і очищення баластних вод та заходи екологічної безпеки при їх скиданні;
- проаналізувати особливості технічної експлуатації системи очищення баластних вод балкеру та її елементів;
- дослідити процеси контролю та управління у системі очищення баластних вод балкеру;
- провести експериментальні дослідження процесів контролю і управління у судовій системі очищення баластних вод;
- розробити алгоритми програмне забезпечення PLC для контролю рівня TRO у системі очищення баластних вод.

Об'єкт дослідження: процеси контролю та управління у системі очищення баластних вод балкеру.

Предмет дослідження: моделі і методи дослідження процесів контролю та управління у системі очищення баластних вод балкеру.

Методи досліджень: при теоретичних дослідженнях використовувались методи всебічного системного аналізу, методи комп'ютерного моделювання, при проведенні експериментів використовувались методи планування експериментів та статистичної обробки даних.

Гіпотеза: запропоновані алгоритми управління процесами у судновій системі очищення баластних вод балкеру дозволять підвищити ефективність її роботи в різних режимах і розробити пропозиції щодо її вдосконалення.

Наукова новизна отриманих результатів:

- набуло подальший розвиток обґрунтування методів підвищення екологічності функціонування суднової системи очищення баластних вод;
- удосконалено схемотехнічні і алгоритмічні методи та засоби автоматизації суднової системи очищення баластних вод.

Практичне значення отриманих результатів складається у наступному:

1) найбільш важливим результатом роботи є проведений комплекс експериментальних досліджень; 2) розроблені алгоритми та програмне забезпечення PLC очищення баластних вод у різних режимах та умовах.

Апробація результатів дипломної роботи: доповідь з тематики даної роботи обговорювалась на XIV міжнародній науково-технічній конференції «Суднова електроінженерія, електроніка і автоматика» (CEIEA-2024), яка проходила у Національному Університеті «Одеська морська академія», місто Одеса.

Публікації: публікація [3] із зв'язаною тематикою дипломної роботи опубліковано у матеріалах XIV міжнародної науково-технічної конференції «Суднова електроінженерія, електроніка і автоматика» (CEIEA-2024).

ПРОЦЕСИ КОНТРОЛЮ ТА УПРАВЛІННЯ, СИСТЕМА ОЧИЩЕННЯ
БАЛАСТНИХ ВОД, ДАТЧИК ТРО, БАЛАСТУВАННЯ, ДЕБАЛАСТУВАННЯ,
СТРИПІНГ, PLC

ABSTRACT

Master's thesis: pp., figures, tables, sources.

Topic: **STUDY OF CONTROL AND MANAGEMENT PROCESSES IN THE BALLAST WATER CLEANING SYSTEM OF A 136895 TON BULK CARRIER**

Relevance of the topic: To ensure the stability of the vessel and safe, reliable and efficient management, a ballast system is used, which receives and pumps liquid ballast through special compartments or tanks.

A large number of studies have shown that some species of bacteria, plants and animals can survive in ballast water and sediments and are carried even after voyages lasting several weeks. Further discharge of ballast water from ships will lead to the transfer of organisms between geographically separated marine areas. The discharge of liquid ballast or sediments into port waters can lead to the establishment of a colony of harmful species and pathogens, which can seriously disturb the existing ecological balance [1].

The potential for harm to the marine environment through the discharge of ballast water has been recognized not only by the International Maritime Organization (IMO), but also by the World Health Organization (WHO), which is concerned about the role of ballast water as a carrier of disease-causing bacteria. Environmental authorities have established controls over the discharge of ballast water from ships to minimize the potential for colonization of rivers by organisms of non-native species [2]. The countries concerned have implemented guidelines for shipowners on ballast water management and standard procedures recognized by port quarantine authorities.

The IMO requires ships to have modern ballast water treatment systems with automated monitoring and control processes to protect the marine environment. The development and installation of such systems on ships is related to the need to solve scientific and applied tasks that require additional research.

Connection of the work with scientific programs, topics, plans: the topic of the master's thesis coincides with the scientific research of the Department of Electrical

Equipment and Automation of Ships of the National University «Odesa Maritime Academy».

The purpose of the master's thesis is to study the monitoring and control processes in the ballast water purification system of a bulk carrier and to substantiate the ways of its improvement.

To achieve this purpose, *the following tasks* were set and solved:

- to analyze methods of treatment and purification of ballast water and environmental safety measures during their discharge;
- to analyze the peculiarities of the technical operation of the ballast water purification system of the bulk carrier and its elements;
- to investigate the monitoring and control processes in the ballast water purification system of the bulk carrier;
- conduct experimental studies of monitoring and control processes in the ship's ballast water treatment system;
- to develop PLC software algorithms to control the level of TRO in the ballast water treatment system.

Object of research: monitoring and control processes in the bulk carrier ballast water treatment system.

The subject of research: models and research methods of monitoring and control processes in the bulk carrier ballast water treatment system.

Research methods: in theoretical studies, methods of comprehensive system analysis, computer modeling methods were used, in conducting experiments, methods of planning experiments and statistical data processing were used.

Hypothesis: the proposed control processes algorithms in the vessel ballast water purification system of the bulker will allow to increase the efficiency of its operation in various modes and to develop proposals for its improvement.

Scientific novelty of the obtained results:

- received further development of the substantiation of methods of increasing the environmental friendliness of the functioning of the ship's ballast water treatment system;
- schematic and algorithmic methods and means of automating the ship's ballast water purification system have been improved.

The practical significance of the obtained results: 1) the most important result of the work is the set of experimental studies conducted; 2) developed algorithms and PLC software for cleaning ballast water in various modes and conditions.

Approbation of the results of the thesis: the report on the topic of this work was discussed at the XIV International Scientific and Technical Conference «Ship Electrical Engineering, Electronics and Automation» (CEEEA-2024), which was held at the National University «Odesa Maritime Academy», the city of Odesa.

Publications: a publication [3] with a related topic of the thesis was published in the materials of the XIV International Scientific and Technical Conference «Ship Electrical Engineering, Electronics and Automation» (CEEEA-2024).

MONITORING AND CONTROL PROCESSES, BALLAST WATER TREATMENT SYSTEM, TRO SENSOR, BALLASTING, DEBALLASTING, STRIPPING, PLC

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ	11
ВСТУП	12
1 АНАЛІЗ МЕТОДІВ ОБРОБКИ І ОЧИЩЕННЯ БАЛАСТНИХ ВОД ТА ЗАХОДИ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ПРИ ЇХ СКИДАННІ	
1.1 Сучасний стан проблеми забезпечення біологічної безпеки суднових баластних вод	
1.2 Правові основи забезпечення екологічної безпеки суднових баластних вод	
1.3 Аналіз методів обробки баластних вод	
1.4 Аналіз технологій очищення баластних вод	
Висновки до розділу 1	
2 ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНІЧНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ СИСТЕМИ ОЧИЩЕННЯ БАЛАСТНИХ ВОД БАЛКЕРУ	
2.1 Основна інформація про судно	
2.2 Принцип роботи системи очищення баластних вод балкеру	
2.3 Умови експлуатації та керування концентрацією активної речовини системи Electro-Cleen та вплив хлорноватистої кислоти на людину	
2.4 Операції баластування,дебаластування та «Стрипінгу»	
2.5 Пристрої автоматизації процесів контролю та управління у системі очищення баластних вод балкеру	
2.6 Структурні схеми системи очищення баластних вод	
Висновки до розділу 2	
3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ КОНТРОЛЮ І УПРАВЛІННЯ У СУДНОВІЙ СИСТЕМІ ОЧИЩЕННЯ БАЛАСТНИХ ВОД ...	
3.1 Стандарт IMO D2	
3.2 Основні характеристики контролеру CLX-XT TRO & Chlorine Monitor ..	
3.3 Вимірювання показників TRO-сенсора, користуючись CLX-монітором	
Висновки до розділу 3	

4 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ PLC ДЛЯ КОНТРОЛЮ РІВНЯ TPO У СИСТЕМІ ОЧИЩЕННЯ БАЛАСТНИХ ВОД	
4.1 Контроль рівня TPO за допомогою PLC FX1S-14MT-001 FX1S14MT001 фірми Mitsubishi	
4.2 Блок-схеми програм роботи додаткового PLC під час баластування	
4.3 Блок-схеми програм роботи додаткового PLC під часдебаластування	
4.4 Блок-схеми програм роботи додаткового PLC під час стріпінгу	
Висновки до розділу 4	
ВИСНОВКИ	
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

АДГ – аварійний дизель-генератор;

ПК – персональний комп'ютер;

СОБВ – система очищення баластних вод;

ЦПК – центральний пункт керування;

ANU – Auto Neutralization Unit (Блок автоматичної нейтралізації)

BWMS – ballast water management system (система управління баластними водами);

BWTS – Ballast Water Treatment System (Система обробки (очищення) баластних вод);

CSU – Датчик провідності;

ECS – Electro-clean system;

ЕМ – Electrode Module (Електродний модуль);

FMU – Flow Meter Unit (Витратомірний блок);

FTS – Fresh water Temperature Sensor (Датчик температури прісної води);

FTU – Fresh water Tank Unit (Резервуар для прісної води);

GDS – Gas Detection Sensor (Датчик виявлення газу);

HEU – Heat Exchanger Unit (Теплообмінник);

HMI – людино-машинний інтерфейс;

IMO – International Marine Organization;

PLC – Programmable Logic Controller;

Ppm – part per minute;

PRU – Power rectifier unit (Блок випрямлення живлення);

T-Strainer (Т-подібний фільтр);

TRO – total residual oxidant (Загальні залишкові окиснювачі);

TRO Sensor – Датчик ТРО загальних залишкових окиснювачів;

TSU – TRO Sensor Unit (Блок датчиків ТРО);

ВСТУП

Баластна система судна служить для забезпечення остійності судна, для зміни крену, диференту і осадки судна шляхом прийому або осушення спеціальних відсіків або цистерн. Згідно з Міжнародною конвенцією про контроль суднових баластних вод та управління процесами їх очищення сучасні судна мають бути облаштовані інноваційними системами обробки баластних вод. Баластні води є шляхом для перенесення значних обсягів шкідливих водних організмів та інших патогенних мікроорганізмів, що створюють серйозні екологічні, економічні та медичні проблеми. При потраплянні в басейни морів або в водні потоки, ці організми можуть створювати небезпеку для навколишнього середовища, здоров'я людей, майна або ресурсів, погіршувати біологічне розмаїття та ін.

Дослідження, проведені в кількох країнах, показали, що деякі види бактерій, рослин і тварин можуть виживати в життєздатній формі в баластних водах та осадах протягом кілька тижнів. Скидання баластних вод у води портових держав може призвести до встановлення колонії шкідливих видів і патогенів, які можуть серйозно порушити існуючу екологічну рівновагу. Можливість завдати шкоди морському середовищу за рахунок скидання баластних вод була визнана Всесвітньою організацією охорони здоров'я, яка стурбована роллю баластних вод як середовища для поширення бактерій епідемічних захворювань. Тому було розроблено стандартні процедури очищення баластних вод, які прийняті карантинними органами різних держав.

Для збереження морського середовища ІМО вимагає від судновласників встановлення на судах сучасних систем очищення баластних вод з автоматизованим контролем та управлінням. Вивчення особливостей функціонування систем очищення баластних вод вимагає вирішення наукових та прикладних завдань, які пов'язані з дослідженням процесів очищення баластних вод та розробкою нових алгоритмів управління. Тому тема магістерської роботи є своєчасною і актуальною.

1 АНАЛІЗ МЕТОДІВ ОБРОБКИ І ОЧИЩЕННЯ БАЛАСТНИХ ВОД ТА ЗАХОДИ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ПРИ ЇХ СКИДАННІ

1.1 Сучасний стан проблеми забезпечення біологічної безпеки суднових баластних вод

Однією з найактуальніших проблем антропогенного впливу на екологію водних екосистем є перенесення і скидання суднами баластних вод в акваторії морів та океанів. З перенесенням баластними водами бактерій, рослин і тварин пов'язано ряд екологічних катастроф, що призвели до значних економічних втрат. Зростаючий сумарний тоннаж світового торгового флоту, який скидає щорічно до 10 млрд тон водяного баласту, в якому мешкає понад 7 тисяч видів морських тварин, бактерій та рослин, змушує звернути пильну увагу на проблему, пов'язану з баластними водами [4,5].

Проблема вселення видів входить в число найважливіших сучасних екологічних проблем. За останні 50-60 років у зв'язку з бурхливим розвитком судноплавства почастішали випадки розселення різних видів мікроорганізмів із-за скидання баластних вод з суден у самих різних районах Світового океану. Цей процес, в силу своєї непередбачуваності, отримав таку промовисту назву, як «екологічна рулетка» [6,7]. Серед морських чужорідних видів зустрічаються паразити риб, безхребетних і мікроорганізми, які становлять небезпеку для здоров'я людей (*Vibrio cholerae*). Від вселення інших, таких, як гребневик *Mnemiopsis leidyi* або двостулковий моллюск *Dreissenapolyomorpha*, відбувається повна деградація екосистеми і рибних продуктів. Втрати від вселення гребневіка *Mnemiopsis leidyi* оцінюються в мільярди доларів США щорічно [8]. Такі ж, за масштабами, збитки завдано США і Канаді від вселення понто-каспійського моллюска *Dreissenapolyomorpha* з Азово-Чорноморського басейну в Великі Американські озера. Загальні щорічні збитки США від видів-вселенців оцінюються в 120 мільярдів доларів США. Щорічні втрати від появи вселенців, перш за все понто-каспійських видів, тільки в одній невеликій європейській країні Нідерланди становлять від 1 до 3 мільйонів євро. Вселення чужорідних видів організмів у природні

співтовариства в результаті людської діяльності є свого роду «біологічне забруднення» [9].

В останні роки ця проблема стала актуальною і для України. Залучення країни в світову економічну систему призвело до інтенсифікації морських перевезень, в тому числі міжбасейнових і трансконтинентальних. Сучасні масштаби антропогенного вселення видів цілком можна порівняти з першорядними проблемами сучасних морських і прісноводних екосистем і зміною клімату. Водойми Європи і Середньої Азії виявилися особливо вразливими для вселення та натуралізації в них чужорідних видів [10]. До водойм-«реципієнтів», вельми чутливих до натуралізації в них чужорідних видів, можна віднести і Середземне море, напівзамкнену водойму з солоністю вище океанської. Збільшення тоннажу торгового морського флоту і скорочення часу перевезень порушили біогеографічні бар'єри, що призвело підвищення небезпеки перенесення видів-вселенців в нове середовище проживання в багато разів. Результати наслідків біоінвазій порівнянні зі збитком від міжнародного тероризму [11].

Дослідження баластних вод на наявність інвазійних мікроорганізмів проводяться не одне десятиріччя [12].

1.2 Правові основи забезпечення екологічної безпеки суднових баластних вод

Однією з найбільших проблем, з якими стикається судноплавна галузь, є наявність інвазійних водних видів в баластних водах суден. Відповідно до Міжнародної конвенції ІМО «Охорона і управління судновими баластними водами і осадами» [13] стало необхідним впровадження систем управління баластними водами і систем очищення баластних вод (СОБВ) на борту суден.

В даний період реалізується спільний проект Глобального екологічного фонду, програми з розвитку ООН і Міжнародної морської організації щодо усунення бар'єрів на шляху організації управління і контролю суднових баластних вод в країнах, що розвиваються [14]. Вирішення проблеми збереження

навколишнього середовища, зокрема водних ресурсів, змусило екологічні організації включитися в боротьбу за їх охорону та вимагало від урядів держав вжити заходів на національному та міжнародному рівнях [15].

Питання запобігання забруднення вод Світового океану стали вирішуватися в 1960-і роки в рамках Міжнародної морської організації (ІМО) при Організації Об'єднаних Націй [13]. Під час проведення міжнародних конференцій удосконалювалися правові основи охорони морського середовища від забруднення, що знайшло відображення в Міжнародній конвенції щодо запобігання забрудненню моря з суден (МАРПОЛ-73/78). Конвенція послужила стимулом для реалізації технічних рішень щодо індикації та ранжирування джерел забруднення, розробки та впровадження установок і систем очищення і знезараження стічних вод на судах (УООСВ) [16].

У 1991 р. Міжнародна морська організація розробила «Керівництво щодо запобігання внесення небезпечних і патогенних водних організмів в результаті скидання з суден водяного баласту і опадів», резолюція 50. Документ доповнений в 1992 р - резолюція А774.

У 1997 р Асамблея ІМО прийняла резолюцію А.868 «Керівництво з контролю водяного баласту суден і управління ним для зведення до мінімуму переносу шкідливих водних і патогенних мікроорганізмів», встановивши механізм заміни баластної води в море і процедури контролю руху суден [2].

До 2004 року не існувало чітких міжнародних правил з контролю над перенесенням баластних вод і внесенням шкідливих і патогенних організмів в акваторію морів. У лютому 2004 р ІМО провела Міжнародну конференцію з управління баластними водами суден для схвалення Конвенції «Про контроль суднових баластних вод і осадів і управлінні ними». Нова Конвенція (BWConvention, 2004) доповнила Міжнародну конвенцію по запобіганню забрудненню з суден 1973 р. зміненою протоколом 1978 року (МАРПОЛ 73/78) [17].

Станом на серпень 2015 р Конвенцію підписали 44 держави. Ряд держав (Австралія, Бразилія, Ізраїль, Канада, Нова Зеландія, США, Чилі та ін.) Вже висувають вимоги до суден, що заходять в їх порти, до контролю та управління

судновими баластними водами для запобігання занесення патогенних мікроорганізмів [15]. У символіку класів суден, на яких здійснюється управління судновими баластними водами і осадами шляхом заміни баласту в морі, вноситься спеціальний знак *BWM*, що підтверджує їх відповідність міжнародним вимогам щодо безпечної заміни баласту в морі. Для суден, які не мають на борту систем безпечної заміни баласту в морі, заміна водяного баласту в морі забороняється.

Усі судна, що підпадають під дію Конвенції, повинні мати плани управління баластними водами і журнали проведення операцій з ними. В обов'язки фахівця порту держави входить здійснення перевірок суден на відповідність вимогам Конвенції.

Зростаюче міжнародне значення проблеми переносу морських організмів з водяним баластом призвело до створення відповідних законодавчих документів як на регіональних рівнях, так і на рівні ООН та ІМО [18, 19]. У зв'язку з цим є досить актуальним питання обробки баластних вод для запобігання скиданню небажаних мікроорганізмів із суден в портах.

1.3 Аналіз методів обробки баластних вод

Серед низки існуючих методів обробки баластних вод одним із найбільш перспективних вважається метод очищення забортної води на борту судна [20, 21]. Розглянемо літературні джерела, присвячені різним способам обробки баластних вод. У звіті, представленому Американським бюро судноплавства (ABS), проведено огляд та порівняння систем та обладнання різних виробників, призначених для очищення баластних вод [22]. Американськими дослідниками було здійснено оцінювання економічної ефективності, капітальних та експлуатаційних витрат для різних способів обробки забортної води [23]. Дослідження обробки забортної води об'ємним шляхом у баластних танках та електрохімічним способом наведені у роботах [24, 25].

При виборі суднової системи очищення баластних вод враховується ряд факторів:

- Ефективність впливу на мікроорганізми, які містяться у баластних водах.
- Забезпечення екологічної безпеки.
- Безпека екіпажу.
- Ефективність витрат.
- Простота установки і експлуатації конкретної системи очищення баластних водних.
- Доступність простору на борту судна.

На сьогоднішній день виділяють п'ять основних методів обробки баластних вод.

Перший метод полягає у виключенні скидання баласту взагалі. Це найнадійніший спосіб, він застосовується в тих випадках, якщо скидання баластних вод заборонено повністю. Однак даний спосіб не є практичним.

Другим методом є зменшення концентрації морських організмів, що містяться в прийнятому на борт водяному баласті. Це досягається шляхом обмеження кількості прийнятого водяного баласту, а також за рахунок вибору місць прийому баласту. Не слід приймати баласт на малих глибинах, у районах застою води, поблизу від місць зливу стічних вод і днопоглиблювальних робіт і районів виявлення патогенних мікроорганізмів.

Третій метод полягає в обробці водяного баласту на борту судна. На даний час розроблено певні технології цього методу, рекомендовані керівництвом ІМО.

Четвертий метод – берегова обробка. За оцінками Американського Бюро Судноплавства цей метод має ряд переваг, однак необхідно взяти до уваги, що багато суден не мають можливості здавати водяний баласт на берегові приймальні споруди. Що стосується портів, то далеко не всі з них можуть надати судну відповідні приймальні споруди.

П'ятий метод полягає в зміні баласту у водах відкритого океану або його розбавленні.

На сьогоднішній день найбільш ефективним у поєднанні з надійністю та можливістю необмеженого застосування на судах є третій метод, що передбачає обробку баласту на борту судна. Така обробка може здійснюватися наступними

способами [7]:

- фізичним (нагрівання, обробка ультразвуком, ультрафіолетовим випромінюванням, магнітним полем, іонізація сріблом, і т.п.);
- механічним (фільтрування, внесення змін у конструкцію судна, застосування спеціальних покриттів танків і т.п.);
- хімічним (озонування, видалення кисню, хлорування, застосування біореагентів і т.п.);
- біологічним (додавання в баластну воду хижих або паразитних організмів з метою знищення шкідливих мікроорганізмів).

Серед перерахованих способів поки немає максимально ефективних і економічних. Так, наприклад, механічна обробка шляхом сепарування або фільтрування займає багато часу і не забезпечує віддалення мікроорганізмів, крім того вона потребує видалення відкладень, що утворюються в результаті фільтрування.

Застосування хімічної обробки (цей спосіб є найдоступнішим у даний час) може спричинити ряд проблем, а саме:

- очевидний ризик для здоров'я екіпажу;
- висока швидкість корозії баластних насосів, трубопроводів, покриттів танків та інших частин баластної системи;
- забруднення хімікатами морського середовища в результаті їх скидання разом з баластом.

Фізичний вплив від ультрафіолетових променів, ультразвуку, нагрівання баластної води також несе ризик для здоров'я екіпажу, може викликати корозію корпусних конструкцій, а у разі скидання гарячої води – пошкодити місцеву морську екосистему. Суттєвий недолік при використанні фізичного впливу полягає у відсутності гарантії знищення патогенних мікроорганізмів [5].

Обробку баластних вод на борту судна можна умовно розділити на два етапи: твердо-рідинне розподілення та дезінфекція [18]. Твердо-рідинне розподілення здійснюється шляхом фільтрування або застосування гідроциклону. Дезінфекція видаляє та/або деактивує мікроорганізми, використовуючи один чи декілька

наступних методів [18]:

– хімічна інактивація мікроорганізмів біоцидами (біоциди, що окислюються є загальними дезінфікуючими засобами, які активуються, руйнуючи органічні структури, такі, як клітинні мембрани, або нуклеїнові кислоти; біоциди, що не окислюються, впливають на репродуктивні, нервові, або метаболічні функції мікроорганізмів);

– фізико-хімічна інактивація мікроорганізмів за допомогою процесів, таких, як ультрафіолетове випромінювання, висока температура або кавітація;

– дезоксидація (процес видалення кисню з води, внаслідок чого настає асфіксія мікроорганізмів).

У більшості широко розповсюджених систем обробки баластних вод застосовуються дві (або більше) стадії обробки баластних вод (рис. 1.1). Існують наступні практичні способи обробки баластних вод:

- коагуляція;
- фільтрування;
- розділення фаз під дією відцентрових сил в гідроциклонах;
- дезінфекція ультрафіолетовим випромінюванням;
- електрохімічна обробка;
- хлорування.

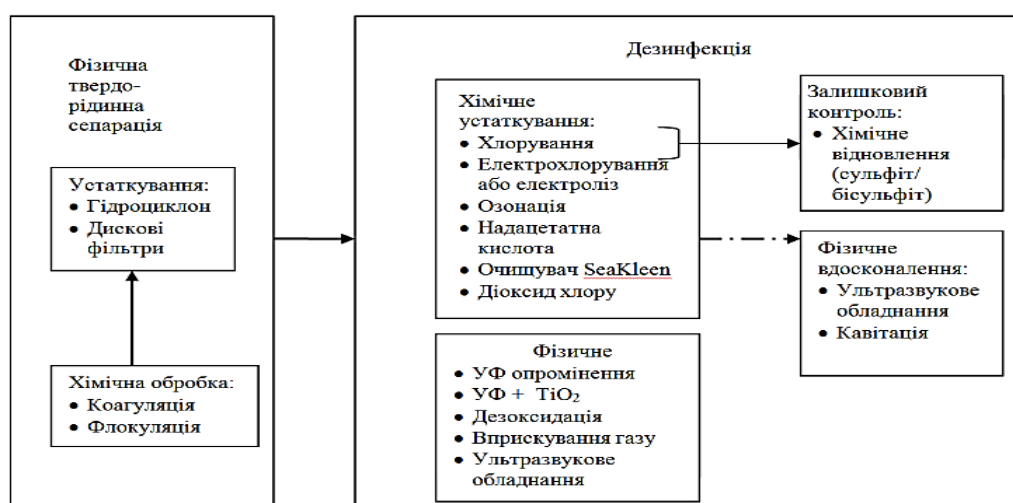


Рисунок 1.1 – Способи обробки баластних вод

Застосування додаткового очисного обладнання буде напряду (за рахунок

споживання додаткової енергії із електричної системи судна) або опосередковано (додатковий місцевий опір в системі, що призводить до підвищених втрат тиску, як наслідок, потрібні відцентрові насоси з більш потужним електроприводом) впливати на енергоспоживаність баластної системи. На цей фактор також впливає тривалість процесів обробки, оскільки час проведення баластних операцій, а також час очищення заборотної води, є обмеженим. На рис. 2 наведені варіанти можливого поєднання процесів очищення баластних вод.

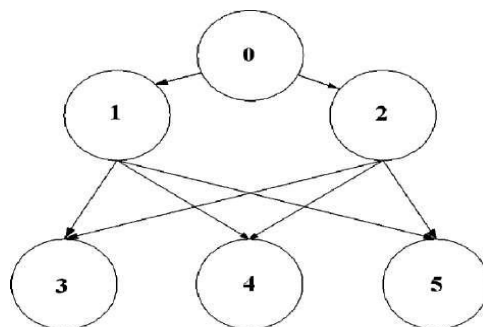


Рисунок 1.2 – Варіанти можливого поєднання процесів очищення баластних вод:
 0 – коагуляція; 1 – фільтрування; 2 – розділення в гідроциклоні; 3 – дезінфекція ультрафіолетовим промінням; 4 – електрохімічна обробка; 5 – хлорування

1.4 Аналіз технологій очищення баластних вод

Основними технологіями очищення баластних вод є [26]:

- системи фільтрації (фізичні);
- хімічна дезінфекція (окисні і неокисні біоциди);
- ультрафіолетове очищення;
- очищення дезоксигенацією;
- теплова (термічна обробка);
- акустична (кавітаційна обробка);
- електричні імпульсні (імпульсні плазмові) системи;
- обробка магнітним полем.

Типова система очищення баластних вод на борту суден використовує дві або більше технології для забезпечення того, щоб очищена баластна вода відповідала стандарту ІМО D2.

1.4.1 Системи фізичного розділення (фільтрації)

Системи фізичного розподілення або фільтрації [26] використовуються для віддалення морських організмів і зважених твердих матеріалів від баластної води з використанням систем осадження або поверхневої фільтрації. Відфільтровані тверді частинки і відпрацьована (за рахунок зворотної промивки) вода з процесу фільтрації або вивантажуються в районі, звідки береться баласт, або піддається подальшій обробці на суднах перед вивантаженням.

В основному для фільтрації баластних вод використовується наступне обладнання.

1) Екрани (нерухомі або рухомі) або диски, призначені для ефективного видалення зважених твердих частинок з баластної води з автоматичним зворотним промиванням. Вони надзвичайно екологічні, оскільки не вимагають використання токсичних хімічних речовин в баластній воді.

2) Гідроциклон – ефективне обладнання для відділення зважених твердих частинок з баластної води (рис. 1.3). У гідроциклоні високошвидкісна відцентрова сила використовується для обертання води з метою видалення твердих частинок. Оскільки гідроциклон не має рухомої частини, його легко встановити, експлуатувати і підтримувати на борту суден. Враховуючі, що робота гідроциклону у значній мірі залежить від маси і щільності часток, то за рахунок його застосування не вдається видалити більш дрібні організми з баластної води.

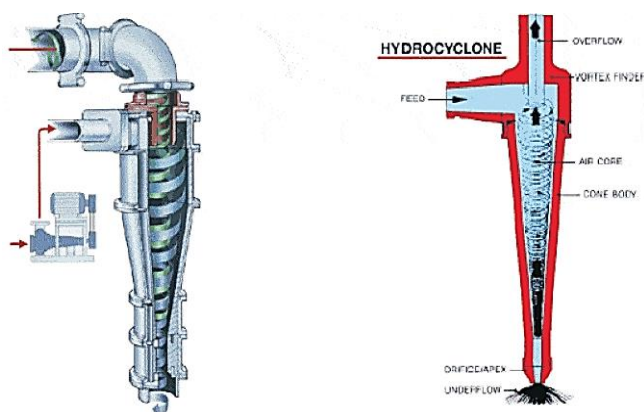


Рисунок 1.3 – Гідроциклон

3) Системи коагуляції баластної води. Оскільки більшість фізичних методів фільтрації не дозволяють видаляти менші тверді частинки, метод коагуляції використовується до процесу фільтрації, щоб об'єднати більш дрібні частинки разом для збільшення їхнього розміру (рис. 1.4). При збільшенні розміру частинок ефективність процесів фільтрації зростає. Таке явище, що включає коагуляцію дрібних частинок в дрібні пластівці, відомо як флокуляція. Флокули осідають швидше і можуть бути легко видалені [27].

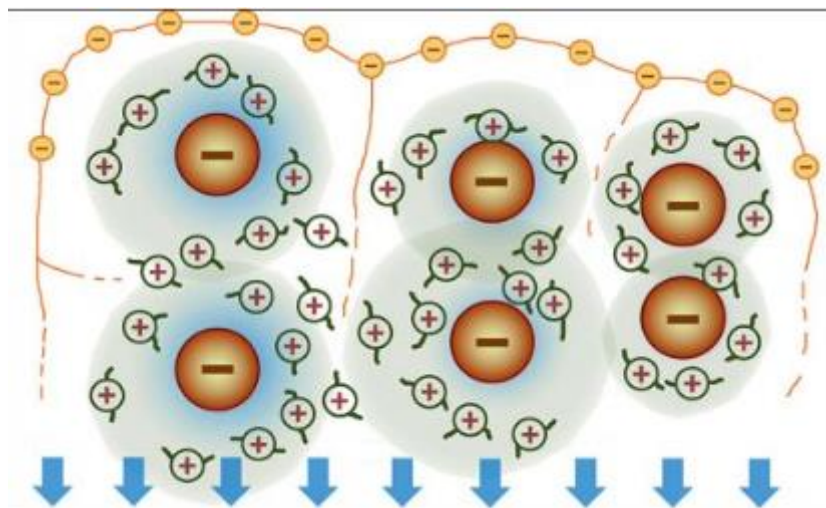


Рисунок 1.4 –Зв'язування коагульованого забруднювача ланцюжками з молекул флокулянта, ущільнення та випад в осад

4) Медіафільтри. Для фільтрації частинок малого розміру використовують фізичні системи очищення водяного баласту зі серединними фільтрами. Стискаючі фільтри для середовища (Crumb rubber) більш зручно використовувати на суднах

через їх компактні розміри і меншу щільність в порівнянні зі звичайними гранульованими системами фільтрації.

1.4.2 Обробка магнітним полем

Для обробки магнітним полем [27] використовується технологія коагуляції. Магнітний порошок змішується з коагулянтами і додається до баластної води. Це призводить до утворення магнітних пластівців, які включають морські організми. Магнітні диски використовуються для видалення цих магнітних зграв від води.

1.4.3 Хімічна дезінфекція

Біоциди є дезінфікуючими засобами, які були протестовані для потенційного видалення інвазійних організмів з баластної води. Біоциди видаляють або інактивують морські організми з баластної води. Однак, слід зазначити, що біоциди, які використовуються з метою дезінфекції баластних вод, повинні бути ефективними для морських організмів, а також легко розкладатися або видалятися, щоб запобігти скиданню зливний води в природі.

Біоциди діляться на два основних типи: окисні та неокисні [26].

1) Окисні біоциди. Окисними біоцидами є загальні дезінфікуючі засоби, такі, як хлор, бром і йод, що використовуються для інактивації організмів у баластній воді. Цей тип дезінфікуючих засобів діє за рахунок руйнування органічних структур мікроорганізмів, таких як клітинна мембрана або нуклеїнові кислоти.

2) Неокисні біоциди. Неокисні біоциди є одним з дезінфікуючих засобів, які при використанні заважають репродуктивним, нервовим або метаболічним функціям організмів.

Деякі з процесів, де використовують окисні біоциди використовуються на борту суден, а саме: хлорування – хлор розбавляється водою для знищення мікроорганізмів; озонування – газ озону барботують в баластну воду з використанням генератора озону. Озоновий газ розкладається і реагує з іншими

хімічними речовинами, щоб вбити організми в воді. Інші окисні біоциди, такі, як діоксид хлору, перуксусна кислота і перекис водню також використовуються для знищення організмів в баластній воді.

Хоча на ринку існує багато неокисних біоцидів, але тільки їх незначна кількість, зокрема Menadione (Vitamin K), використовується в системах очищення суднових баластних вод, оскільки вони, як правило, виробляють токсичні побічні продукти.

1.4.4 Ультрафіолетовий метод очищення баластних вод

Ультрафіолетова система очищення баластних вод [27, 28] складається з ультрафіолетових ламп, які оточують камеру, через яку пропускається баластна вода (рис. 1.5). Ультрафіолетові лампи (амальгамові лампи) виробляють ультрафіолетові промені, які впливають на ДНК організмів і роблять їх нешкідливими і запобігають їх розмноженню. Цей метод є ефективним проти широкого кола організмів.

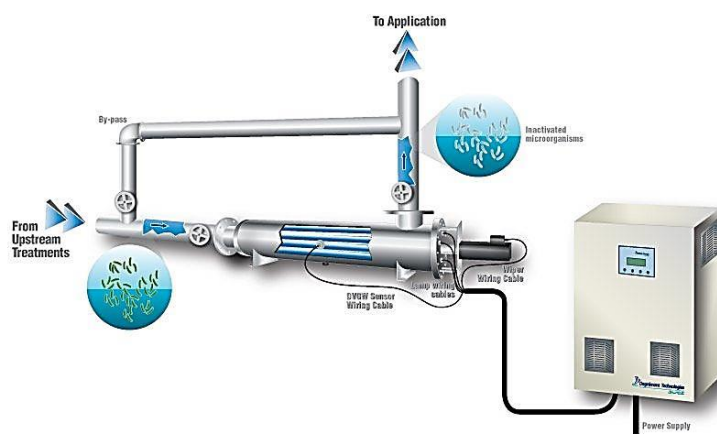


Рисунок 1.5 – Ультрафіолетовий метод очищення баластних вод

1.4.5 Дезагрегація

Як випливає з назви, метод дезагрегації баластних вод [27] включає очищення (видалення кисню) з баластних резервуарів для води. Зазвичай це

робиться шляхом уприскування азоту або будь-якого іншого інертного газу в простір над рівнем води в баластних резервуарах. Для інертного газу зазвичай потрібно приблизно 2-4 дні для інактивації організмів. Цей метод зазвичай не підходить для суден з коротким часом рейсу. Крім того, такі типи систем можуть використовуватися тільки на судах з абсолютно герметичними баластними резервуарами.

1.4.6 Термічна обробка

Термічна обробка включає нагрів баластної води до досягнення температури, яка буде вбивати організми, які знаходяться у неї [29]. Для нагріву баластної води в баках може використовуватися окрема система опалення, або баластна вода може використовуватися для охолодження двигуна судна, дезінфікуючі організми за рахунок тепла, отриманого від двигуна. Однак таке оброблення може зайняти багато часу, перш ніж організми стануть неактивними, а також приведе до збільшення корозії в резервуарах.

1.4.7 Електрична пульсація (плазмова обробка) баластних вод

Метод очищення баластних вод, який ґрунтується на застосуванні електричних імпульсів (плазми) все ще знаходиться на стадії розробки. При застосуванні цього методу короткі викиди енергії використовуються для знищення організмів в баластній воді.

В технології імпульсного електричного поля два металеві електроди використовуються для створення імпульсу енергії в баластній воді при дуже високій щільності потужності і тиску. Ця енергія вбиває організми в воді.

В електричній плазмовій технології імпульс великої енергії подається на механізм, встановлений в баластній воді, створюючи плазмову дугу і, таким чином, вбиваючи організми.

Обидва цих метода надають майже однаковий вплив на організми.

1.4.8 Типова система очищення баластних вод на суднах

Більшість систем очищення баластних вод спільно використовують два-три метода дезінфекції, розділених на різні етапи. Загальна установка для очищення баластних вод складається з двох стадій з одним етапом, на першому з котрих використовують фізичний поділ, а на другому етапі застосовується деяка технологія дезінфекції. Вибір комбінації методів оброблення баластних вод залежить від безлічі факторів, таких, як тип судна, вільного місця на ньому та обмеження по вартості.

Зовнішній вигляд однієї з систем управління баластними водами показаний на рисунку 1.6.



Рисунок 1.6 – Система управління баластними водами

Розглянуті методи та системи очищення баластних вод призначені для збереження морського середовища та запобігання його забруднення. Застосування високоефективних, енергозберігаючих технологій та інновацій в цій області може допомогти досягти стандартів якості води та зберегти екологічну цілісність морських екосистем.

Висновки до розділу 1

1. Проведений аналіз методів та способів очищення баластних вод дозволив дослідити роботу системи очищення баластних вод, встановлену на судні, що розглядається у роботі.

2. Встановлено, що найбільш ефективним є спосіб, який поєднує різні технології та уможливорює двоступеневе очищення і знезараження баластних вод до рівня, якого потребує стандарт D-2.

2 ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНІЧНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ СИСТЕМИ ОЧИЩЕННЯ БАЛАСТНИХ ВОД БАЛКЕРУ

2.1 Основна інформація про судно

Sarah Oldendorff – спеціалізоване вантажне судно водотоннажністю 136895 тон, побудоване у 2013 році. Місцем побудови є Японія «Sanoyas Meisho Corporation». Загальний вигляд балкеру наведений на рис. 2.1.



Рисунок 2.1 – Загальний вигляд балкеру

На даний момент портом приписки судна являється порт Мадейра, Португалія. Балкер має сім вантажних трюмів, призначене для перевезення вантажів насипом, зерна, вугілля, руди, цементу та ін. Сервісна швидкість 14.5 вузлів, а максимальна – 16.5 вузлів. Суднова електрична станція є автономною та складається з трьох дизель-генераторів. Також на судні є аварійна електростанція яка складається з одного аварійного дизель-генератора (АДГ) потужністю 100 кВт, який запускається як автоматично, так і вручну від акумуляторного джерела. На

випадок аварійної ситуації (наприклад Black out), на судні встановлено дві групи акумуляторних батарей, є можливість запустити АДГ від будь-якої з них. Також судно має систему обробки баластних вод (ballast water treatment system) виробництва фірми TECHROSS. Місткість баластних танків наведена у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Місткість баластних танків

Tank	Cap. in cu. Mtrs	Pumps available
FORE PEAK TANK (C)	4,008.7	No.1 / No.2 Ballast Pump
No.1 W.B.T. (P&S)	2 × 2,191.2	-DO-
No.2 W.B.T. (P)	2,815.2	-DO-
No.2 W.B.T. (S)	2,814.1	-DO-
No.3 W.B.T. (P&S)	2 × 5,673.5	-DO-
No.4 W.B.T. (P)	5,522.5	-DO-
No.4 W.B.T. (S)	5,521.4	-DO-
No.5 T.S.W.B.T.& B.H.T. (P)	1,085.7	No.1 / No.2 Ballast Pump
NO.5 D.B.W.B.T. (P)	1,568.4	T.S.T.--Gravity (discharging)* ¹
No.5 W.B.T. (S)	2,654.1	No.1 / No.2 Ballast Pump
AFT PEAK TANK (C)	1,552.5	Fire and G.S. Pump
TOTAL	43,272.0	
NO.4 FLOODABLE HOLD	18,742.9	No.1 / No.2 Ballast Pump

(*1)---NO.5 T.S.W.B.T.(P) is discharged by surface valve.

PUMP	RATED CAPACITY
FIRE AND GS PUMP	310/90 M ³ /H
NO.1 BALLAST PUMP	1,500 M ³ /H
NO.2 BALLAST PUMP	1,500 M ³ /H

Судно має наступні основні технічні характеристики:

Реєстраційний номер судна – 9490258.

Назва судна та рік виготовлення – Sarah Oldendorff, 2013 р.

Порт приписки – Мадейра.

Розміри та місткість судна: найбільша довжина – 245 м; ширина – 43 м; висота борту – 21.65 м; осідання до літньої вантажної марки – 15.404 м; нетто-реєстровий тоннаж – 37673 тон; брутто-реєстровий тоннаж – 64788 тон; дедвейт – 119290,8 тон.

Експлуатаційна швидкість – 14.5 вузлів.

Тип рульової машини RE22-175.

Виробник головного двигуна – MAN B&W: кількість – 1; тип та рік побудови – 6S60MC-C X; потужність – 13560 кВт; турбонагнітач – TCA77-2, 13500 об/хв.

Виробник допоміжних двигунів – Daihatsu: кількість – 3; тип – 5DK-20; потужність – 550 кВт; частота обертання – 900 об/хв.

Тип електрогенераторів – закритий; кількість – 3; марка – NISHISHIBA; напруга – 450 В; частота – 60 Гц; потужність – 500 кВт.

Тип аварійного дизель-генератору – MITSUI ZOSEN; напруга – 450 В; частота – 60 Гц; потужність – 100 кВт.

Тип та кількість лебідок – NISHISHIBA, 4.

Кількість рятівних шлюпок – 1

РЛС (тип та кількість) – JRC, 2.

Супутниковий зв'язок (тип та кількість) – JLR-7800, 2.

Гірокомпас (тип та кількість) – TOKYO KEIKI JRC, 1+1.

Ехолот (тип та кількість) – JRC, 1.

Телефони внутрішньо-суднового зв'язку (тип та кількість) – MARUNAKA, 45.

Тип машинного телеграфу – MITSU ZOSEN SYSTEM.

Пожежна сигналізація (тип та кількість датчиків) – CONSILIUM, 52.

2.2 Принцип роботи системи очищення баластних вод балкеру

Міжнародна конвенція про контроль суднових баластних вод й осадів та управління ними (BWM) включає два основні правила, що визначають стандарти управління баластними водами. Правило D-1 стосується стандарту обміну баластними водами. Правило D-2 деталізує стандарт оброблення баластних вод з використанням системи управління баластними водами [16, 30].

Існує багато різних технологій очищення баластних вод на судах [31]. Найбільш ефективним є спосіб, який поєднує різні технології та уможливорює двоступеневе очищення і знезараження баластних вод до рівня, що потребує стандарт D-2.

На розглядаємому судні встановлена система очищення баластних вод Electro-Cleen™ System (ECS), яка функціонує відповідно до стандарту D2. Щоб задовольнити цей стандарт, робочі умови системи розроблені для продукування рівня TRO від 1 мг/л до 10 мг/л (англ. ppm).

Система працює за двоступеневим принципом. Спочатку, за допомогою фільтрації, видаляються механічні домішки та великі організми. Потім до фільтрованої води додається гіпохлорит натрію, отриманий через електроліз. Протягом баластних операцій використовують розчин гіпохлориту натрію: у морській воді з рН близько 8,0 він дисоціює, внаслідок чого утворюється додаткова кількість активного хлору, включаючи гіпохлоритну кислоту (HClO) і хлорновату кислоту (HClO_3). Ці сполуки мають високу окислювальну здатність та ефективно знищують залишкові бактерії та дрібні організми. Такий комбінований підхід забезпечує високий ступінь очищення баластних вод та відповідає сучасним екологічним стандартам. На утворення гіпохлориту натрію (активну діючу речовину в баластній воді) впливають напруга та струм у електролізері, тому концентрація TRO управляється у автоматичному або ручному режимі зміною «напруги-струму» у блоках випрямлення, щоб максимальна концентрація TRO після змішування з основною масою баластної води не перевищувала встановлену величину (10 мг/л), тобто складала менше 0,001%.

Електролізована баластна вода містить хімічні інгредієнти, які мають динамічну рівновагу з газом на поверхні води або повністю розчинені.

Під час функціонування системи очищення баластних вод Electro-Cleen™ System не утворюється газоподібний хлор, оскільки він гідролізується в хлорноватисту кислоту або іон хлорноватистої кислоти після повного розчинення в баластній воді. Електролізована баластна вода може генерувати перекисі, а концентрації перекису водню та озону дуже низькі порівняно з вільним хлором. Відповідно до тесту обробленої морської води за допомогою ECS, максимальні концентрації перекису водню та озону становлять менше 0,1 мг/л. Враховуючи, що концентрація перекису водню в кисневому паливі, який використовується як дезінфікуючий засіб, становить близько 40 000 мг/л, ця речовина мало впливає на ризик для навколишнього середовища та людини.

2.3 Умови експлуатації та керування концентрацією активної речовини системи Electro-Cleen та вплив хлорноватистої кислоти на людину

У системі очищення баластних вод Electro-Cleen™ System (ECS) очищення відфільтрованих баластних вод здійснюється шляхом електролізу, під час якого до фільтрованої води додається гіпохлорит натрію.

Для забезпечення відповідності екологічним нормам скиданої баластної води та ефективності використання системи ECS застосовують узагальнений показник TRO (загального залишкового окислювача). Спеціальний датчик TRO вимірює та вказує концентрацію окислювача, який використовується для знезараження баластної води.

Датчики TRO, встановлені на морських суднах, працюють на основі різних фізико-хімічних моделей [31]:

- Вимірювання електричного потенціалу, що виникає на електроді внаслідок взаємодії з окислювачем.

- Вимірювання електричного струму, що виникає при окисленні чи відновленні певних речовин.

– Вимірювання інтенсивності світла, поглиненого або випромінюваного при взаємодії окислювача з іншими речовинами.

Датчики TRO відіграють провідну роль для забезпечення ефективної роботи систем очищення баластних вод. Однак точність вимірів TRO може бути різною завдяки впливу різних факторів: тип окислювача, концентрація окислювача, температура води, солоність води, показник pH, концентрація та види органічних речовин, механічні складові тощо.

Концентрація TRO, що утворюється під час обробки баластної води в розглядаємої системі ECS, становить приблизно 10 мг/л, навіть якщо створена концентрація відрізняється такими характеристиками, як температура баластної води, провідність, типи та концентрація матеріалів, розчинених у воді. Цей діапазон концентрації не вимагає особливої обережності, коли екіпаж або оператори працюють з водяним баластом. Оскільки на діючу речовину в баластній воді, хлорноватисту кислоту, впливають напруга та струм, генерація TRO управляється шляхом автоматичного контролю напруги та струму, щоб максимальна концентрація не перевищувала 10 мг/л.

TRO, що утворюється як активна речовина під час обробки баластних вод за допомогою Electro-Cleen System, розчиняється у воді, коли його концентрація низька, а потім більша частина перетворюється на хлорноватисту кислоту в діапазоні pH морської води. Максимальна концентрація, створена в результаті роботи ECS, становить менше 10 мг/л, тобто менше 0,001%.

Умови функціонування системи Electro-Cleen System (ECS) розроблені для генерування від 6 до 10 мг/л TRO (загального залишкового окислювача) з менш ніж 10 мг/л TRO у найгірших випадках, щоб задовольнити стандарт IMO D-2. ECS було протестовано та доведено, що робота системи не має значного впливу на корозію баластних цистерн. Корозійний ефект ECS був оцінений компанією «International Paint Ltd» у червні 2010 року.

Низька концентрація водню не впливає на інфраструктуру судна. У разі витоку газу H₂ увімкнеться сигнал тривоги, якщо концентрація газу H₂ буде перевищувати 25% LEL, і система повинна бути вимкнена у випадку, коли

концентрація газу H₂ перевищує 50% LEL. У таких випадках екіпаж судна повинен забезпечити достатню вентиляцію (принаймні шість повітрообмінів на годину) за допомогою механічного вентиляційного вентилятора або природної вентиляції за допомогою вентиляційних головок до входу в приміщення, де встановлено ECS.

Було виявлено, що загальний залишковий хлор у концентрації 10 мг/л, рекомендованій для обробки баластних вод, повністю розкладається вже через 1,1 дня в умовах освітлення.

Концентрація перекису водню та озону в електролітичному розчині дуже низька порівняно з вільним хлором. Максимальна концентрація, що утворюється під час електролізу морської води, становить менше 0,1 мг/л як для перекису водню, так і для озону.

Період напіврозпаду загального залишкового хлору становить 0,58 дня при освітленні та 2,0 дня при темряві, тому залишковий хлор не становить небезпеку для людей та навколишнього середовища.

Технічне обслуговування компонентів системи очищення баластних вод Electro-Cleen™ System (ECS) слід виконувати на основі графіка перевірки, рекомендованого виробником. Працездатний стан ECS забезпечується за рахунок її регулярного або періодичного огляду (технічного обслуговування). Відповідальна особа повинна перевірити графік технічного обслуговування та картку історії обладнання, щоб переконатися, що вони виконуються за планом. Необхідно регулярно перевіряти запасні частини, щоб підтримувати їх у справному стані. Основні характеристики системи очищення баластних вод Electro-Cleen™ System, яка встановлена на розглядаємому судні, наведені на рис. 2.2.

	Key Specifications
Name	ECS (Electro-Cleen™ System)
Type	
Purpose	Ballast Water Treatment System
Method	Electrolysis disinfection
Capacity	
Biological Efficacy	Compliance with D-2 performance standard regulated by IMO
Operation Performance	Less than or equal to TRO 10mg/L (at the inside of Electro-Chamber Unit, average 6~10mg/L)
Total Power consumption	
Operating Temperature	0°C ~ + 45°C (Install in enclosed location)
Salinity Condition	
Seawater Temperature in Heat Exchanger (HEU)	
Freshwater Temperature in Heat Exchanger (HEU)	
Neutralization	Automatic input of Sodium thiosulfate neutralization solution
Operation Method	Manual/Semi-automatic operation by Control PC (CPC)
Operation S/W	Human Machine Interface (ECS-HMI)
Equipment Color	

Рисунок 2.2 – Основні характеристики системи

2.4 Операції баластування, дебаластування та «Стрипінгу»

Баластна вода надходить у суднові баластні трубопроводи через баластні насоси або інші насоси через морські камери та/або баластні цистерни, включаючи кормову та форпікову цистерни. Забортна або внутрішня циркулююча морська вода дезінфікується за допомогою ECS, дезінфікована вода залишається в баластних цистернах, доки не буде скинута. Система ECS, яка керується за допомогою ЦПК, здійснює процедуру дезінфекції. Процедура баластування показана на рис. 2.3, а її блок-схема наведена на рис. 2.4.

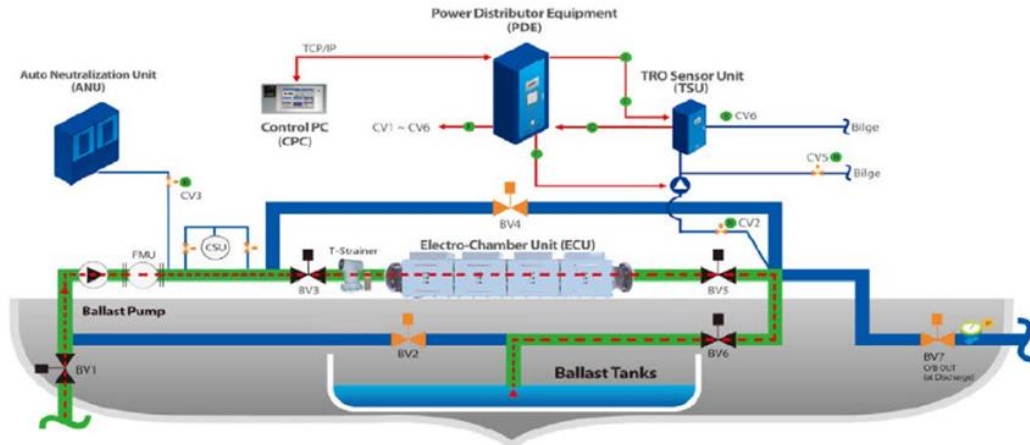


Рисунок 2.3 – Процедура баластування

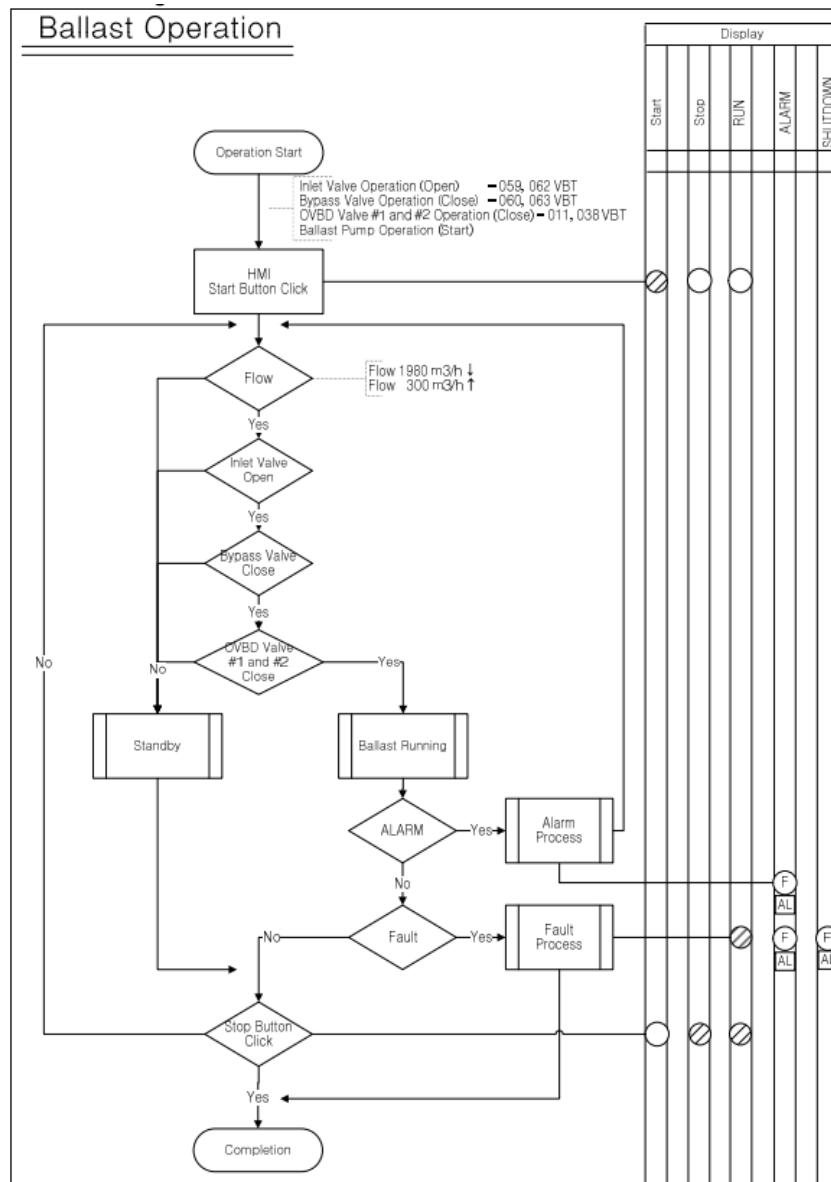


Рисунок 2.4 – Блок-схема операції баластування

При дебаластуванні (рис. 2.5, рис. 2.6) нейтралізатор впорскується з максимальною швидкістю на початковому етапі дебаласту, потім необхідно контролювати кількість нейтралізатора, щоб концентрація TRO була меншою за 0,1 мг/л.

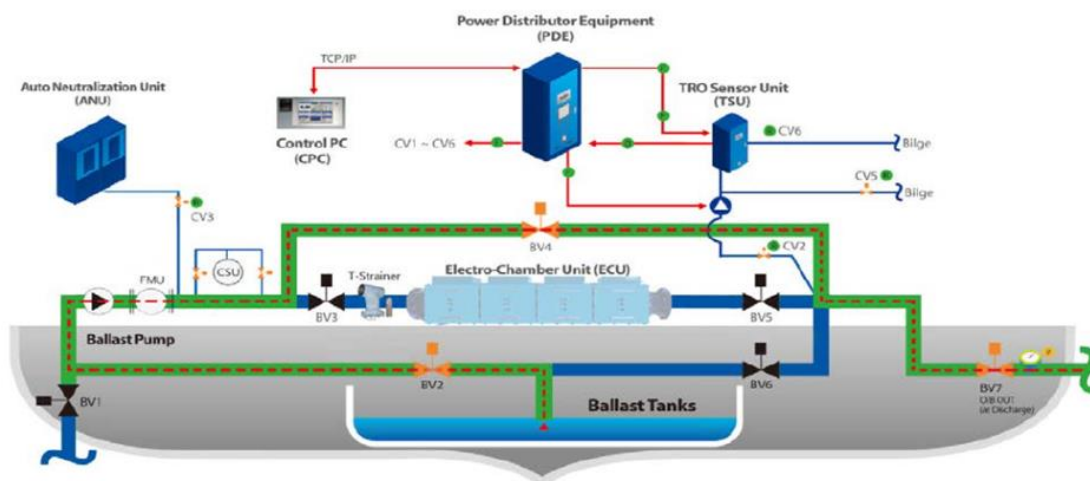


Рисунок 2.5 – Процедура дебаластування

Для видалення більшої частини баластної води, що залишилася, можна здійснити процес, відомий як «стрипінг», за допомогою едуктора. У цьому процесі використовується місцева морська вода під високим тиском для створення вакууму, який подається на баластні труби та точку всмоктування в баластній цистерні. Блок-схема операції «Стрипінгу» наведена на рис. 2.7.

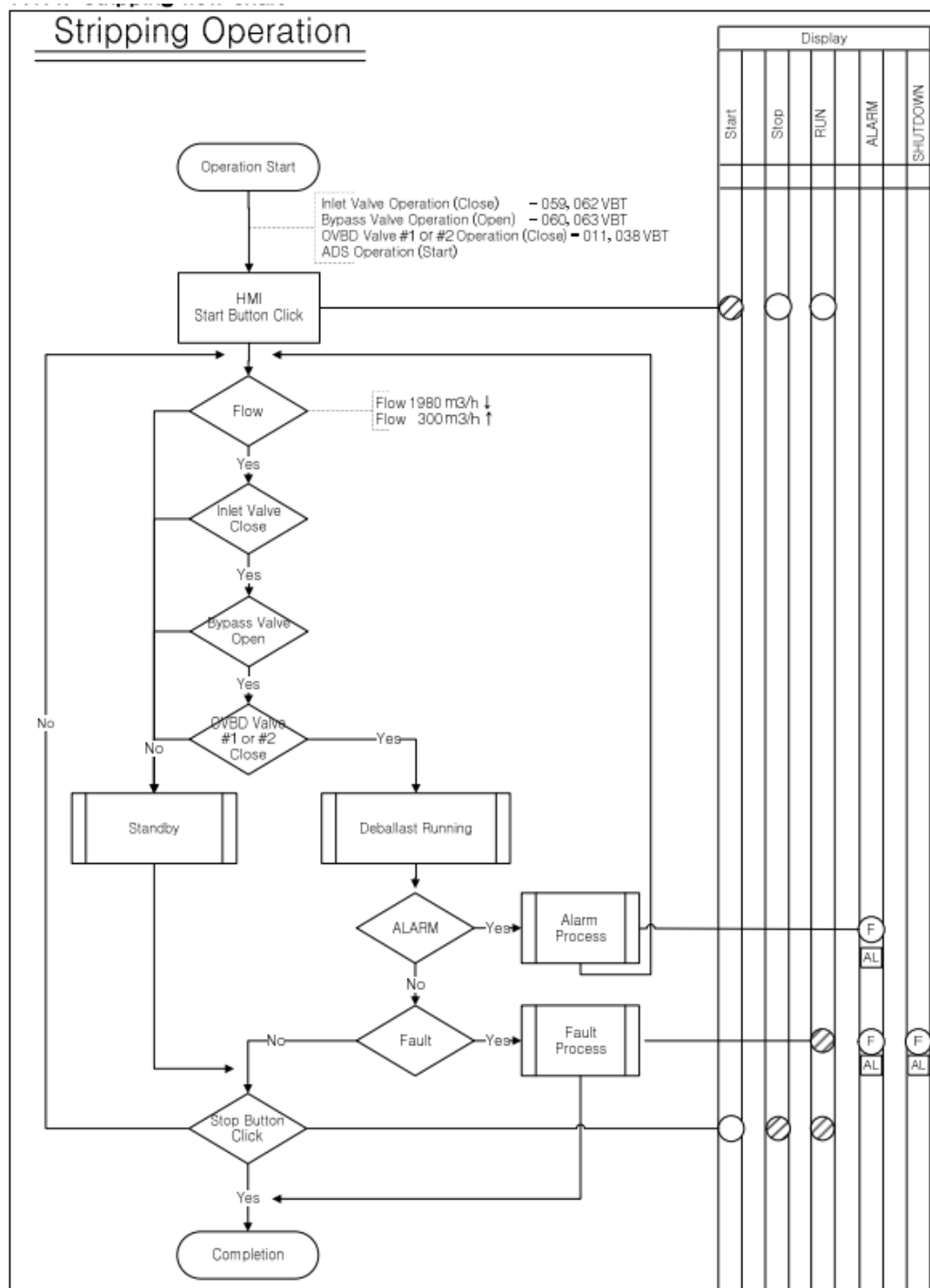


Рисунок 2.7 – Блок-схема операції «Стрипінгу»

2.5 Пристрої автоматизації процесів контролю та управління у системі очищення баластних вод балкеру

Робота розглядаємої системи ECS повністю автоматизована, алгоритм її роботи наведений на рис. 2.8.

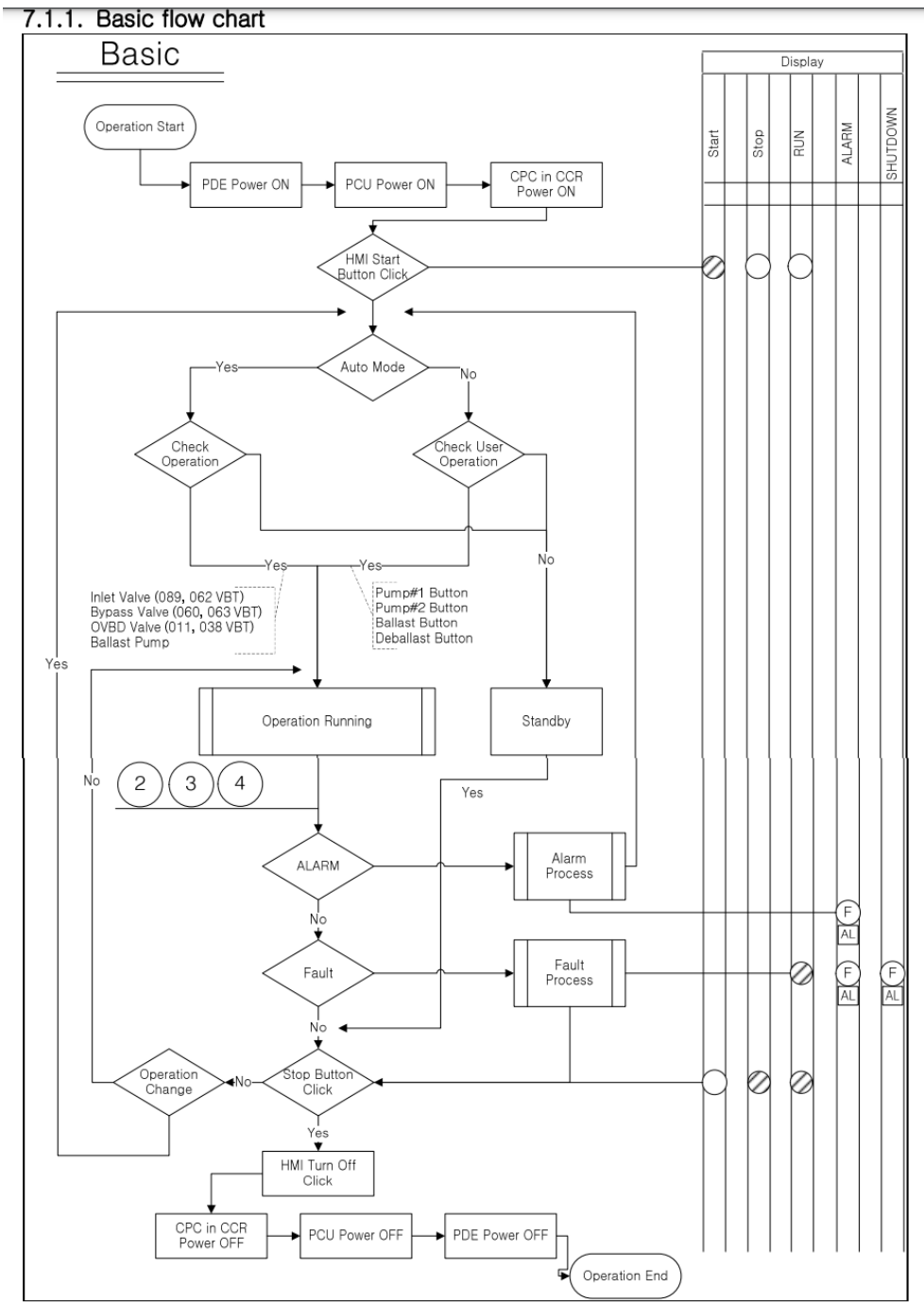


Рисунок 2.8 – Алгоритм роботи системи ECS

Для аналізу процесів автоматизованого контролю та управління роботою системи очищення баластних вод ECS розглянемо її структуру (рис. 2.9). Опис компонентів системи ECS приведений на рис. 2.10.

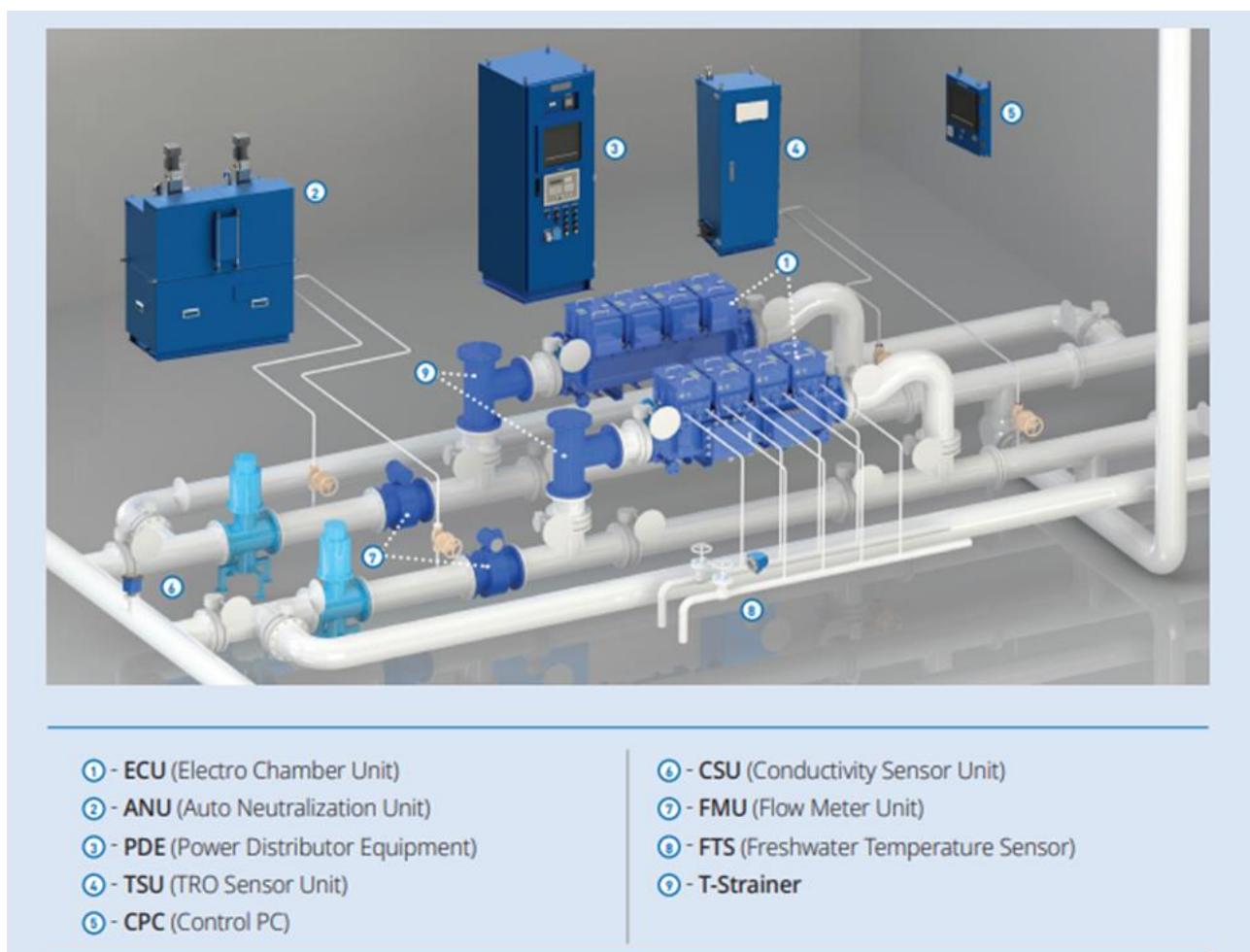


Рисунок 2.9 – Елементи системи ECS

На рис. 2.9 застосовані наступні позначення:

- 1 – ECU – Electro Chamber Unit (Блок електричної камери);
- 2 – ANU – Auto Neutralization Unit (Блок автоматичної нейтралізації);
- 3 – PDE – Power Distribution Equipment (Обладнання для розподілу електроенергії);
- 4 – TSU – TRO Sensor Unit (Блок датчиків TRO);
- 5 – CPC – Control PC (Керування ПК);
- 6 – CSU – Conductivity Sensor Unit (Датчик провідності);

7 – FMU – Flow Meter Unit (Витратомірний блок);

8 – FTS –Fresh water Temperature Sensor (Датчик температури прісної води)

9 – T-Strainer (Т-подібний фільтр).

	Component	Description
Control	Control PC (With HMI S/W installed) (CPC)	- Control of ECS - Dual system (Control room and PCU or PDE)
Power	Power Control Unit (PCU)	- Control communication signal - Supply input power to HEU and FTU
	Power Distributor Equipment (PDE-A2/PDE-A4)	- Control communication signal - Supply input power to PRE/PRU (3Φ AC440V, 60Hz) - Supply control power to each equipments (2Φ AC220V, 60Hz)
	Power Rectifier Equipment (PRE)	- Supply current to Electro-Chamber Unit (ECS-A Type) - Input : 3Φ AC440V, 60Hz - Output : DC10V / 3,000A
	Power Rectifier Unit (PRU)	- Supplycurrent to Electro-Chamber Unit (ECS-B Type) - Input : 3Φ AC440V, 60Hz - Output : DC10V / 1,100A
Cooling	Heat Exchanger Unit (HEU)	Heat transfer between seawater and coolant water
	Freshwater Tank Unit (FTU)	Circulating coolant water of rectifier
Electrolysis	Electrode Module (EM) Electro-Chamber Module (ECM) Electro-Chamber Unit (ECU)	- Electrode module - Chamber for the Electrode module - Combination Unit (ECM and EM)
Monitoring	TRO Sensor Unit (TSU)	Measure concentration of TRO (TRO sensor system)
Neutralization	Auto Neutralization Unit (ANU)	Decrease TRO concentration of treated water before discharge
Sensor	Conductivity Sensor Unit (CSU)	Measure salinity of seawater (Conductivity of seawater)
	Gas Sensor Unit (GSU)	Hydrogen gas detection
	Fresh/Seawater Temperature Sensor (FTS/STS)	Measure water temperature
	Flow Meter Unit (FMU)	Measure flow rate of ballast water

Рисунок 2.10 – Опис компонентів системи ECS

Розглянемо роботу основних елементів системи ECS. Блок електричної камери Electro Chamber Unit (ECU), наведений на рис. 2.11, складається з модуля електрокамери (ECM) і блоку випрямляча живлення (PRU); призначений для дезінфекції морських організмів шляхом виробництва гіпохлориту методом прямого електролізу.

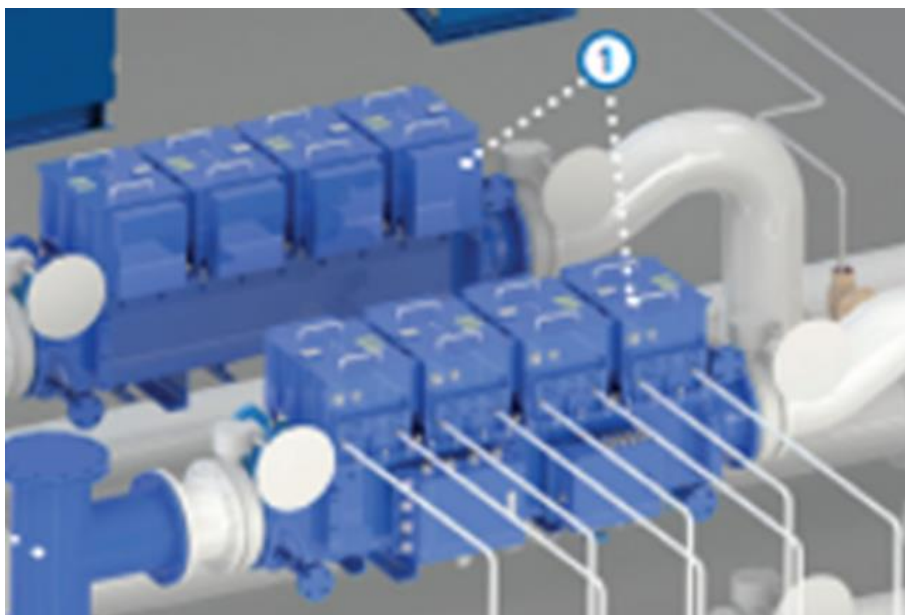


Рисунок 2.11 – Electro Chamber Unit (ECU)

До складу блоку електричної камери (electro chamber unit) (рис. 2.11) входить наступне основне обладнання системи Electro-Cleen™: модуль електрокамери (ECM), модуль електрода (EM) та блок випрямлення живлення (PRU). Блок електричної камери (ECU) дезінфікує мікроорганізми шляхом електролізу та отримує електроживлення від блоку випрямлення живлення (PRU). Силове випрямне обладнання (PRE) призначене для забезпечення процесу електролізу, PRE забезпечує електричний струм (maximum 10V/3,000) в блоці ECU. PRE працює, отримуючи живлення від обладнання для розподільників електроенергії (PDE). PRE отримує живлення змінного струму від PDE та забезпечує живлення постійного струму електродний модуль (EM) блоку електричної камери ECU. Основні відомості про блок електричної камери (ECU) наведені у табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Основні відомості про блок електричної камери (ECU)

DIVISION	SPECIFICATION
WEIGHT	1280kg
DIMENSION (L x D x H)	2000mm X 1124mm X 914.5mm
TREATMENT CAPACITY	RATE 1,000m ³ /h
ECU IN/OUTLET FLANGE	JIS 10K 350A / DRAIN PORT : JIS 10K 25A
PRU & EPJ POWER SUPPLY	AC 440V, 3ph, 60Hz
PRU COOLING WATER INLET / OUTLET	JIS 5K 32A FLANGE
PRU COOLING WATER CONDITION	INLET PRESSURE : MIN. 1.5 BAR / MAX. 5 BAR
	FLOW RATE VOLUME : MIN. 0.45m ³ /h (PER PRU 1EA)
	COOLING F.W TEMPERATURE (IN LET) : +36°C
	PRESSURE DROP : 0.5 BAR
COMPONENT	EM (4EA), PRU (8EA), ESJ(1EA), EPJ(4EA)

Блок автоматичної нейтралізації Auto Neutralization Unit (ANU) зображений на рис. 2.12.



Рисунок 2.12 – Блок автоматичної нейтралізації Auto Neutralization Unit (ANU)

Блок автоматичної нейтралізації Auto Neutralization Unit (ANU) автоматично впропускує нейтралізуючий розчин для нейтралізації залишкового TRO перед операцією видалення баласту та зачищення.

ANU – це обладнання для нейтралізації загальної концентрації залишкового оксиданту (TRO), який залишається в баластовій воді під час скидання. Блок ANU

автоматично контролює нейтралізуючий агент кількості та випуск нейтралізаційного агенту в трубопровід. Блок ANU отримує електроенергію від обладнання для розподілу електроенергії Power Distribution Equipment (PDE) та сигналів зв'язку від HMI. Основні відомості про блок автоматичної нейтралізації (ANU) наведені у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Основні відомості про блок автоматичної нейтралізації (ANU)

DIVISION	SPECIFICATION
WEIGHT (DRY/WET)	308kg / 708kg
DIMENSION (W x D x H)	1200mm X 726mm X 1657.5mm
CONTROL SYSTEM	AUTOMATIC CONTROL BY HMI-PC
POWER SUPPLY	AC 220V, 60Hz
MAIN COMPONENT	TANK, PLC, METERING PUMP, AGITATOR, LEVEL SENSOR, SOLENOID VALVE, DISPLAY PANEL
WATER INLET	FRESH WATER, 0.5~3 BAR
NEUTRALIZER	SODIUM THIOSULFATE
MAX. INPUT NEUTRALIZER	APPROX. 100 KG / Each 1 Tank
INSTALL TYPE	FLOOR MOUNTING AND SELF STANDING
TANK CAPACITY	APPROX. 200 LITER (BOTH : 400 LITER)
Mixture Ratio	2(Fresh water) : 1(Counteractive)
IP GRADE	IP44

Зовнішній вигляд модулю, в якому розташовується обладнання для розподілу електроенергії Power Distribution Equipment (PDE) показаний на рис. 2.13. Це обладнання постачає змінну напругу 440 В від судна до всіх компонентів системи ECS та керує комунікаційними частинами всього її обладнання.

PDE отримує напругу 440 В від головного розподільного щита (MSBD). Трансформатор в PDE здійснює перетворення 440В / 220В та забезпечує електроживлення компонентів ECS. PDE отримує всі сигнали від компонентів ECS та зв'язується з CPC. Основні відомості про обладнання для розподілу електроенергії наведені у таблиці 2.4.



Рисунок 2.13 – Обладнання для розподілу електроенергії Power Distribution Equipment (PDE)

Таблиця 2.4 – Основні відомості про обладнання для розподілу електроенергії (PDE)

Input power	AC 440V 3P3W
Output signal	Ethernet (RJ-45)
Components	RTU, CPC, HUB F.W Pump / S.W pump control (Option) MCCB /Noise filter EMI Filter RCM 4EA (Rectifier control module) Transformer Converter (485-LAN / DI-DO) Hub Magnet Contactor (PRE Power on/off)
Material	Housing-SS400
Painting	Powder coat'g
Installation	Safety area / Stand alone
Dimensions	W700mm x D700mm x H1900mm
Ingress protection	IP44
Weight	About 310Kg

Блок датчиків TRO (рис. 2.14) виконує наступні функції: вимірює концентрацію TRO (загальний залишковий окислювач) та інформує контрольний ПК (CPC) про рівень концентрації TRO під час баластування, дебаластування та операції зняття показників (за наявності).



Рисунок 2.14 – TSU – TRO Sensor Unit (Блок датчиків TRO)

TSU також вимірює концентрацію обробленої баластної води під час баластування, дебаластування, і розділення. TSU автоматично керується через людино-машинний інтерфейс (HMI). Можливо також ручне керування. TSU отримує електроживлення від обладнання для розподілу електроенергії PDE і передає сигнали зв'язку до HMI. Основні відомості про блок датчиків TRO наведені у табл. 2.5.

Таблиця 2.5 – Основні відомості про блок датчиків TRO

DIVISION	SPECIFICATION
WEIGHT	100kg
CONTROL SYSTEM	CONTROLLED BY HMI-PC
POWER SUPPLY	AC 220V, 60Hz
WATER INPUT	TREATED WATER, MIN. 1 bar / MAX. 3 bar
INSTALL TYPE	FLOOR MOUNTING AND SELF STANDING
TUBE FITTING CONNECTION	RIGHT SIDE (TP1/ TP2 / TP3 / BYPASS) LEFT SIDE (CLX SENSOR DRAIN)
IP GRADE	IP 44
ACCURACY (CLX)	±5% OF READING OR ±0.03 MG/L (PPM) WHICHEVER IS
	GREATER FOR RANGE OF 0–6.0 MG/L (PPM)
	±10% OF READING FROM 6.01–10.00 MG/L (PPM)

CPC – це головний комп’ютер, який включає екран НМІ для відображення робочого стану, керування командами та надання інформації про місцезнаходження, він автоматично зберігає та створює резервні копії інформації про роботу. Зовнішній вигляд CPC показаний на рис. 2.15.



Рисунок 2.15 – CPC –Control PC (Керування ПК)

CPC управляється за допомогою програмного забезпечення людино-машинного інтерфейсу (HMI), призначений для керування ПК напівавтоматично. CPC зазвичай встановлюється в пункті управління та на передній частині PDE. Однак відповідальний ПК, встановлений на PDE, можна використовувати лише коли головний CPC виходить з роботи. Основні відомості про блок керування ПК (CPC) наведені у табл. 2.6.

Таблиця 2.6 – Основні відомості про блок керування ПК (CPC)

CPU	Intel Pentium M 1.4GHz, 2M Cache
RAM	1Gbytes
HDD	32Gbytes, Vibration protection
Operating System	Window XP
Control	HMI Software
Output signal	Ethernet (RJ-45)
INPUT POWER	AC220V 3PHASE
Components	15" LCD Display (Touch Screen) Internal speaker
External Ports	Ethernet, USB, RS422 (GPS)
Material	Housing – SS400
Painting	Powder coat'g
Installation	Wall or Panel Mounting
Dimensions	W383mm x D119.5mm x H507mm
Ingress protection	IP44
Weight	About 5Kg

Розглянемо роботу датчика провідності (CSU – Conductivity Sensor Unit), зовнішній вигляд якого зображений на рис. 2.16.



Рисунок 2.16 – Датчик провідності (CSU – Conductivity Sensor Unit)

Датчик провідності (CSU) вимірює електропровідність морської води, що проходить через ECU під час операції баластування та вимірює температуру морської води (=STS). Відомості про Датчик провідності (CSU) наведені у табл. 2.7.

Таблиця 2.7 – Відомості про Датчик провідності (CSU)

DIVISION	SPECIFICATION
MATERIAL	HOUSING : PBT GF20, SENSOR : PEEK
WEIGHT	2kg
OPERATING PRESSURE RANGE	13bar (abs up to 50°C) / 7.75bar (abs at 110°C) / 6bar (abs at 130°C)
POWER SUPPLY	DC 24V
IP GRADE	IP69K

До складу системи автоматизації процесів контролю входить Витратомірний блок – Flow Meter Unit (FMU), показаний на рис. 2.17. Основне призначення блоку – це вимір швидкості потоку. Відомості про витратомірний блок (FMU) наведені у табл. 2.8.



Рисунок 2.17 – FMU – Flow Meter Unit (Витратомірний блок)

Таблиця 2.8 – Відомості про витратомірний блок (FMU)

DIVISION	SPECIFICATION
FLUID TEMPERATURE	-5°C ~ 80°C
AMBIENT TEMPERATURE	-10° C ~ 60° C
POWER SUPPLY	AC 220V
OUTPUT SIGNAL	4~20mA
IP GRADE	IP67
MATERIAL	FLANGE : STEEL
	LINING : HARD RUBBER
	ELECTRODES : HASTELLOY C-4
CLASS CERTIFICATE	DNV class : A-13121

Датчик температури прісної води – Fresh water Temperature Sensor (FTS) вимірює температуру охолоджувальної води, яка подається до випрямляча в реальному часі (рис. 2.18). Основні відомості про датчик температури прісної води (FTS) наведені у табл. 2.9.



Рисунок 2.18 – FTS –Fresh water Temperature Sensor (Датчик температури прісної води)

Таблиця 2.9 – Основні відомості про датчик температури прісної води (FTS)

DIVISION	SPECIFICATION
WEIGHT	0.15kg
METHOD	THERMOCOUPLE TYPE
MEASURING RANGE	-50℃ ~ 200℃
ACCURACY	<±0.5% FS(TYP) / <±1% FS(MAX)
POWER SUPPLY	DC 24V
OUTPUT SIGNAL	4~20mA (2 WIRE)
CABLE CONNECTION	DIN CONNECTION
PROCESS CONNECTION	PT 1/2"
IP GRADE	IP65
CLASS CERTIFICATE	KR class : DLN34014-AE004 DNV-GL class : 20 663 - 04 HH RINA class : ELE006715XG/002 ABS class : 15-LD1317841-PDA LR class : 05/70002(E1)

Т-образний фільтр (T-Strainer) призначений для захисту електрода від сторонніх матеріалів і великих частинок у баластній воді (рис. 2.19). Основні відомості про Т-подібний фільтр (T-Strainer) наведені у табл. 2.10.



Рисунок 2.19 – T-Strainer (Т-подібний фільтр)

Таблиця 2.10 – Основні відомості про Т-подібний фільтр (T-Strainer)

1. GENERAL SPECIFICATION

DIVISION	SPECIFICATION
WEIGHT	348.5kg
CONNECTION	JIS 5K 450A FLANGE TYPE
TYPE	STRAIGHT TYPE

2. PRESSURE GAUAGE

DIVISION	SPECIFICATION
PRESSURE RANGE	-1 ~ 10BAR
DIAMETER	100mm
CONNECTION	3/8 PT
SCALE RANGE	-0.1~1MPa / -1~10BAR
FLUID WORKING TEMP ^a	-20°C ~ 80°C

До системи контролю процесів у системі очистки баластних вод також відносяться такі елементи як:

GDS – Gas Detection Sensor (Датчик виявлення газу), виявляє можливий витік водню. Основні відомості про датчик виявлення газу (GDS) наведені у табл. 2.11.

Таблиця 2.11 – Основні відомості про датчик виявлення газу (GDS)

DIVISION	SPECIFICATION
DIMENSION (W x D x H)	164mm x 99mm x 225mm
WEIGHT	2kg
POWER SUPPLY	DC 24V
OUTPUT SIGNAL	4~20mA & DRY CONTACT
CABLE CONNECTION	2 x M20 (CABLE OUTDIA ^a Ø 10.1~Ø15)
OPERATING TEMPERATURE	-40°C to +65°C
OPERATING HUMIDITY	CONTINUOUS 20~90%RH (non condensing), INTERMITTENT 10~99%RH (non condensing)
OPERATING PRESSURE	90~110kPa
STORAGE CONDITIONS	-25°C to +65°C
IP GRADE	IP66
PROTECTION	Ex II GD Ex d IIC Gb T6 / Ex d IIC Gb T6
CERTIFICATE	Baseefa08ATEX0222 / IECEx BAS 08.0072 / MED-D-1397(DNV)

FTU – Fresh water Tank Unit (Резервуар для прісної води), зберігає прісну воду в резервуарі для охолодження випрямляча шляхом циркуляції прісної води. Основні відомості про Резервуар для прісної води (FTU) наведені у табл. 2.12.

Таблиця 2.12 – Основні відомості про Резервуар для прісної води (FTU)

DIVISION	SPECIFICATION
WEIGHT (DRY/WET)	100kg / 185kg
DIMENSION (W x D x H)	552mm X 760mm X 1114mm
INLET WATER	FRESH WATER
COMPONENT	TANK, F.W MOTOR, LEVEL SENSOR
CONNECTION	FRESH WATER IN/OUTLET : JIS 5K 40A, FILLING INLET : JIS 5K 25A
F.W MOTOR INPUT POWER	AC 440V, 3ph, 60Hz
F.W MOTOR INSULATION CLASS	F CLASS
F.W MOTOR IP GRADE	IP55
LEVEL SENSOR OUTPUT SIGNAL	Dry Contact(LOW-WATER LEVEL)
FILLING WATER RANGE	MIN. 25LITER / MAX. 85LITER

HEU – Heat Exchanger Unit (Теплообмінник), який призначений для зниження температури охолоджувальної води за допомогою морської води, щоб забезпечити подачу холодної прісної води до випрямлячів). Основні відомості про теплообмінник (HEU) наведені у табл. 2.13.

Таблиця 2.13 – Основні відомості про теплообмінник (HEU)

DIVISION	SPECIFICATION
WEIGHT	122kg
CONNECTION	JIS 5K-50A Flange Type
COOLING S.W TEMP. (INLET)	+32°C
COOLING F.W TEMP. (INLET)	40°C

2.6 Структурні схеми системи очищення баластних вод

Для детального аналізу функціонування системи очищення баластних вод розроблені відповідні структурні схеми (рис. 2.20, рис. 2.21). Як можемо побачити з структурної схеми, наведеної на рис.2.20, вода потрапляє з кінгстону (Sea Chest), за допомогою баластного насосу у баластний танк, але перед цим проходить операцію очищення системою ECS. З баластного насосу потік води зчитується датчиком FMU – Flow Meter Unit. Датчик CSU вимірює електропровідність морської води, що проходить через ECU під час операції баластування та вимірює температуру морської води. Далі проходить через T-strainer, який захищає електрод від сторонніх матеріалів і великих частинок у баластній воді. Далі ECU дезінфікує морські організми шляхом виробництва гіпохлориту шляхом прямого електролізу. Після очистки концентрація обробленої води має бути виміряна блоком датчиків TSU. У випадку, якщо концентрація води не підходить стандартам IMO D2, сигнал с TSU подається на CPC, і після другого аларму система баластних вод вимкнеться, що приведе до необхідності запускати очищення баластної води заново.

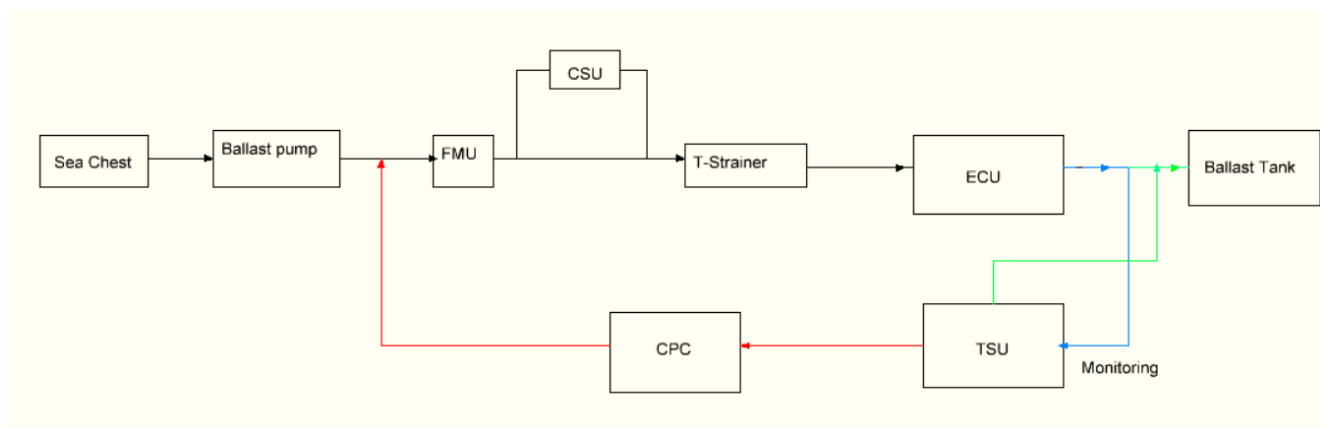


Рисунок 2.20 – Структурна схема системи очищення баластних вод при баластуванні

При виконанні операції дебаластування (рис. 2.21) морська вода за допомогою баластного насоса надходить з баластного танка через FMU та CSU до нейтралізатора (ANU). Нейтралізатор впорскується з максимальною швидкістю на

початковому етапі дебаласту. На наступному етапі відбувається моніторинг рівня TRO блоком TSU, і так само, як і під час операції баластування, якщо концентрація TRO не відповідає стандарту IMO D2, сигнал с TSU подається на CPC, і після другого аларму система баластних вод вимкнеться, що приведе до необхідності запускати очищення заново. Якщо концентрація TRO відповідає стандарту IMO D2, то вода скидається.

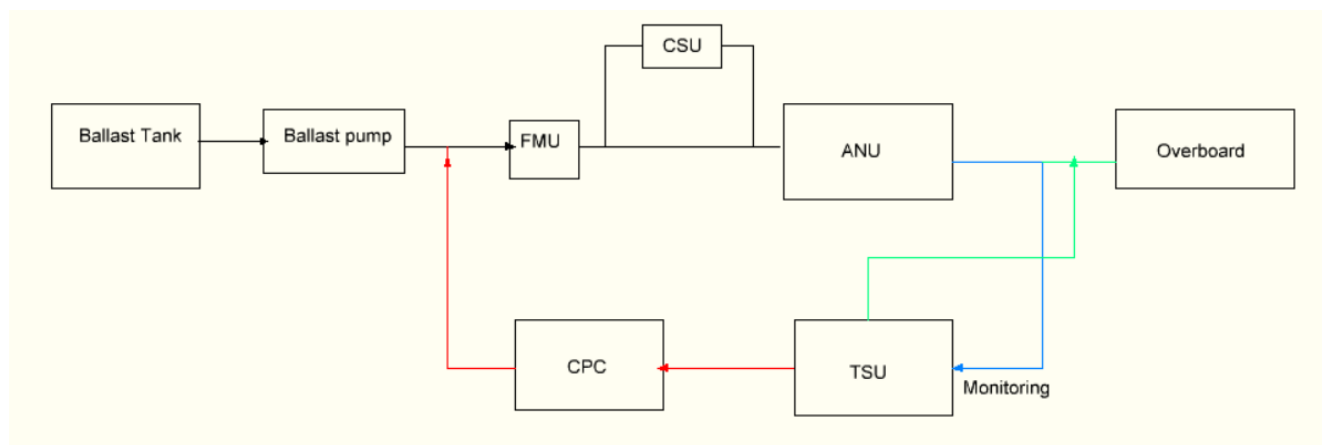


Рисунок 2.21 – Структурна схема системи очищення баластних вод при операції дебаластування

Висновки до розділу 2

1. Розроблені структурні схеми системи очищення баластних вод дозволили проаналізувати її роботу та процеси управління у неї.
2. Наведені блок-схеми алгоритмів роботи системи ECS під час операцій баластування, дебаластування та «стрипінгу» дозволили оцінити особливості процесів контролю та управління у неї.
3. Встановлено необхідність проведення експериментальних досліджень особливостей роботи датчика TRO, призначеного для вимірювання концентрації окислювачів, які використовуються для знезараження баластної води

3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ КОНТРОЛЮ І УПРАВЛІННЯ У СУДНОВІЙ СИСТЕМІ ОЧИЩЕННЯ БАЛАСТНИХ ВОД

3.1 Стандарт IMO D2

Досліджувана система очистки баластних вод ECS, функціонує відповідно до стандарту IMO D2. Робочі умови системи Electro-Cleen System (ECS) розроблені для генерування від 6 до 10 мг/л TPO (загального залишкового окислювача) з менш ніж 10 мг/л TPO у найгірших випадках, щоб задовольнити стандарт IMO D-2.

Стандарт D-2 - Стандарт D-2 визначає, що судна можуть скидати лише водяний баласт, який відповідає таким критеріям:

- менше 10 життєздатних організмів на кубічний метр, мінімальний розмір яких перевищує або дорівнює 50 мікрометрам;
- менше 10 життєздатних організмів на мілілітр, які мають мінімальний розмір від 10 мікрометрів до 50 мікрометрів;
- менше 1 колонієутворюючої одиниці (КУО) на 100 мілілітрів токсикогенного холерного вібріону;
- менше 250 КУО на 100 мілілітрів кишкової палички; і
- менше 100 КУО на 100 мілілітрів кишкових ентерококів.

Відповідно, виходячи з умов цього стандарту система має працювати при таких умовах:

- Баластування – TPO значення повинні бути від 6 ppm до 10 ppm;
- Дебаластування - TPO значення повинні бути від 0 ppm до 1 ppm;
- Стрипінг - значення повинні бути від 0 ppm до 1 ppm.

Заміри цих значень виконуються датчиком TPO, який розглядається у експериментальному дослідженні..

3.2 Основні характеристики контролеру CLX-XT TRO & Chlorine Monitor

Контролер CLX-XT TRO & Chlorine Monitor дозволяє зчитувати рівні окислювачів у технологічній воді в режимі онлайн. Контролер CLX-XT розроблено відповідно до критеріїв конструкції, визначених стандартними методами дослідження якості баластних та стічних вод, метод 4500-Cl_G, зокрема, колориметричним методом DPD. Контролер CLX-XT використовує світлодіод 515 нм як джерело вимірювального світла. Цей прилад розроблено та протестовано для роботи при температурі навколишнього середовища до 55°C (131°F). Спеціально розроблена термоелектрична камера охолодження була додана для підтримки температури індикаторного реагенту нижче 25°C (77°F) незалежно від температури навколишнього середовища в робочому діапазоні 0°C -55°C. Використання цієї охолоджувальної камери дозволяє збільшити термін служби реагенту до трьох місяців. Основні характеристики контролера CLX-XT TRO & Chlorine Monitor наведені у таблиці 3.1.

Контролер CLX-XT TRO & Chlorine Monitor є економічним і невибагливим приладом, призначеним для обслуговування суднових баластних вод, питної води або стічних вод, які потребують постійного моніторингу та контролю рівнів загального залишкового окислювача (TRO). Контролер має можливість керувати дозуванням хлору у ручному або автоматичному режимах. Контролер CLX-XT розроблено відповідно до критеріїв конструкції, визначених стандартними методами дослідження води та стічних вод. Контролер CLX-XT керує двома електромагнітними клапанами, один з яких призначений для зразка води (FLOW), а інший – для зливу кювети (PURGE). Третій соленоїд разом із чотирма зворотними клапанами утворюють реагентний насос. Потік зразка води контролюється електромагнітним клапаном FLOW. Електромагнітний клапан PURGE використовується для спорожнення кювети в вимірювальній камері. Вимірювальна камера складається з вхідного отвору для зразка, дренажу для продувки та переливу. Реагент додається через зворотні клапани, вбудовані в нижню частину.

Зелений світлодіод забезпечує джерело лампи 515 нм, червоний світлодіод використовується для вимірювання рівня зразка та потоку. Один детектор розташований на 180° від зеленого світлодіода. Змінна скляна кювета відокремлює світлодіоди від детектора та підтримує довжину шляху вимірювання. Зразок води надходить у впускний отвір внизу, через вимірювальну кювету та виходить через переливний дренаж. Цей потік використовується, як для заповнення кювети, так і для промивання системи.

Таблиця 3.1 – Основні відомості щодо приладу CLX-XT TRO & Chlorine Monitor

Measurement Range	0.00 – 10.00 mg/L (PPM) or Optional 0.00 – 15.00 Mg/L
Accuracy	Standard 0-10 mg/L range: ±5% of reading or ±0.03 mg/L (PPM) whichever is greater for range of 0-6.0 mg/L (PPM) & ±10% of reading from 6.01-10.00 mg/L (PPM) Optional 0-15 mg/L range: ±10% of reading or ±0.03 mg/L (PPM) whichever is greater for the entire range
Resolution	0.01 mg/L (PPM)
Cycle Time	Adjustable; 60 seconds to 10 minutes (600 seconds) Note: the system defaults to 60 seconds (most software versions)
Display	Multi-Line Liquid Crystal Backlit Display
Alarms	Two Programmable, 120-240VAC 2A Form C Relay
Analog Output	Powered 4-20 mA, 600 Ω drive, isolated
Communications Port	Bi-directional RS-485 with Modbus
Water Pressure	Integral pressure regulator 0.34 bar (5.0 PSI) to 10.3 bar (150 PSI)
Flow Rate to Waste	200 – 400 ml/min.
Operating Temperature	0°C – 55°C (32°F – 131°F)
Wetted Materials	PVC, Borosilicate Glass, Reslyn (FFKM), Viton [®] (FKM), Polypropylene, 316 Stainless Steel, Acetal, Noryl [®] , Silicone, PPS
Sample Temperature Range	0°C – 55°C (32°F – 131°F)
Power Supply	100 – 240 VAC, 47 – 63 Hz, 250VA 100-240 VAC ±10% for serial numbers 201705625 or greater
Insulation Rating	Double Insulated, Pollution Degree 2, Overvoltage Category II
Environmental Conditions	Not recommended for outdoor use. Altitude up to 2000 meters Up to 95 % RH (non-condensing)
Enclosure Rating	Enclosure certified to IP 66, designed to meet NEMA 4X Fan rated IP 55
Regulatory Compliance And Certifications	Tested to IMO MEPC. 174(58) Part 3 Reference Imanna Report # 18953-1 CE Approved, Listed to UL 61010-1 Ed 3: 2012 Certified to CAN/CSA C22.2 No. 61010-1: 2012 EMC to EN61326-1: 2013
Shipping Weight	11.8 kg (26lbs.) Reagents are Shipped Separately
Shipping Dimensions	63cm X 64cm X 32cm (24.5" X 25 X 12.5")

Реагенти видаються з двох змінних пляшок. В одній пляшці є буфер для контролю рН; другий має індикатор, який містить DPD, який виробляє колір, коли в зразку присутній хлор. Ступінь забарвлення залежить від кількості хлору у зразку води. Вимірювальна камера відкрита для перегляду операцій. Білий світлодіод підсвічує камеру для більш чіткого огляду. Білий світлодіод блимає, щоб

привернути увагу у разі попередження або несправності. Більшість попереджень і несправностей також відображаються на екрані. Щоб уникнути завад, білий світлодіод під час вимірювань вимикається. Під час нормальної роботи контролера CLX-XT буде проходити цикл, визначений за часом.

Спрощений цикл буде складатися з наступних послідовностей:

1. Промивання – безперервний потік проби.
2. Продування – відкривається клапан ПРОДУВКИ.
3. Обнуління – немає потоку при повній кюветі.
4. Додавання реагентів - один імпульс насоса реагентів.
5. Змішування із зразком – імпульси потоку зразка.
6. Зчитування отриманого зразка - відсутній потік із заповненою кюветою.
7. Продувка - клапан PURGE відкривається для видалення прореагованого зразка.

Наведений вище цикл є спрощеним і не описує всі дії та тестування, які відбуваються. Центральний процесор безперервно діагностує всю систему для правильної роботи та пробного потоку води. У разі виникнення помилки повідомлення публікується в черзі повідомлень на РК-екрані. Реагент додається одним імпульсом соленоїда реагенту. Коли потрібні реагенти заміни, натискається кнопка PRIME, щоб ввести нові реагенти в систему. При цьому соленоїдом реагенту подається кілька імпульсів, щоб відібрати рідину з двох реагентів пляшки та заповнить пробірки новим реагентом. Повний цикл PRIME займає менше хвилини. Кнопка SERVICE спорожняє кювету, припиняє потік зразка води. Це забезпечує зручний спосіб заміни реагентів і вимірювальної кювети. Якщо виконується більш масштабне технічне обслуговування, необхідно вимкнути все живлення контролера CLX-XT. У цьому випадку рекомендується перевести прилад у режим SERVICE перед відключенням живлення. Це гарантує, що кювета спорожнена і потік вимкнено.

Значення TRO, які контролюються CLX-XT, вимірюються в міліграмах на літр (мг/л) або, якщо бажано, в еквівалентних частках на мільйон (PPM). Показання понад 10,00 мг/л виходять за межі діапазону цього приладу. Незважаючи на те, що CLX-XT може відображати вище 10,0 мг/л, ці показники не будуть у межах зазначеної точності. Оскільки реагенти розкладаються внаслідок старіння,

показники вище 10,0 мг/л можуть зменшуватися. Для додаткового діапазону 0-15 мг/л показання, згадані вище, розширені до 15,00 мг/л.

Під час регулярних вимірювань (без опцій контролю) контролер CLX-XT працюватиме безперервно та забезпечуватиме одне зчитування кожного циклу. Важливо зазначити, що єдиний спосіб зупинити прилад – це вручну перевести прилад у режим SERVICE. Якщо живлення переривається, прилад автоматично запускається в режимі AUTO (цикл). Перш ніж продовжувати, треба переконатися, що всі сантехнічні та електричні з'єднання виконані. Наступні кроки описують, як виміряти значення хлору в зразку за допомогою цього приладу:

1. Прилад підключається до джерела електричної енергії та нагрівається (зазвичай від 45 хвилин до однієї години під час початкового введення в експлуатацію).

2. Коли через прилад проходить безперервний технологічний потік, прилад відображатиме виміряний рівень хлору в зразку, відображаючи його на РК-екрані. Крім того, еквівалентний сигнал подається на аналоговий (4-20 мА) вихід або цифровий (RS-485) вихід, залежно від вибраних параметрів.

3.3 Вимірювання показників TRO-сенсора, користуючись CLX-монітором

Під час роботи системи очищення баластних вод постійно вимірюється концентрація TRO (загального залишкового окислювача). Датчик TRO передає дані про рівень концентрації знезаражувальних засобів на дисплей контролера CLX, тобто монітор для визначення концентрації хлору, та на головний комп'ютер управління.

Робота датчика TRO досліджувалася експериментально. Метою експерименту було дослідження процесів під час вимірювання рівня TRO за допомогою датчика TRO. Експеримент проводився під час кожної операції (баластування,дебаластування, стріпінгу), значення TRO було отримано вперше – лише на основі спостережень за роботою системи в автоматичному режимі, вдруге

– за допомогою ручного коригування значень TRO зміною сили струму на випрямлячах або зміною кількості подачі знезаражувальних засобів. Це дало можливість коригувати значення TRO для запобігання їхнього виходу за межі стандарту, оскільки після другого перевищення, система ECS призупиняє баластні операції.

Як вже було зазначено раніше, відповідно до стандарту IMO D2 встановлені наступні норми TRO під час:

- баластування: 6 ppm до 10 ppm;
- дебаластування; 0 ppm до 1 ppm;
- стріпінг – 0 ppm до 1 ppm.

Під час проведення експерименту були (без ручного регулювання в автоматичному режимі) виміряні показники TRO під час кожної операції. Слід відмітити, що кожна операція може мати різну тривалість (1 годину, 45 хвилин, 1,5 годин). В роботі розглядається однакова тривалість всіх операцій, а саме –90 хвилин. Результати вимірювань занесені у табл. 3.1 – табл. 3.3.

Таблиця 3.1 – Показники TRO під час баластування

Баластування	
Час(хв)	TRO(Ppm)
10	0,2
20	0,4
30	2
40	3
50	3,5
60	11
70	5
80	5,2
90	6,3

Таблиця 3.2 – Показники TRO під час дебаластування

Дебаластування	
Час(хв)	TRO(Ppm)
10	3,5
20	5
30	2
40	3
50	1,1
60	0,9
70	0,9
80	0,4
90	0,12

Таблиця 3.3 – Показники TRO під час стріпінгу

Розділення	
Час(хв)	TRO(Ppm)
10	3,5
20	5
30	2
40	3
50	1,1
60	0,9
70	0,9
80	0,4
90	0,12

На основі отриманих експериментальних даних побудовані графіки часових залежностей TRO для кожного режиму роботи (рис. 3.1 – рис. 3.3).

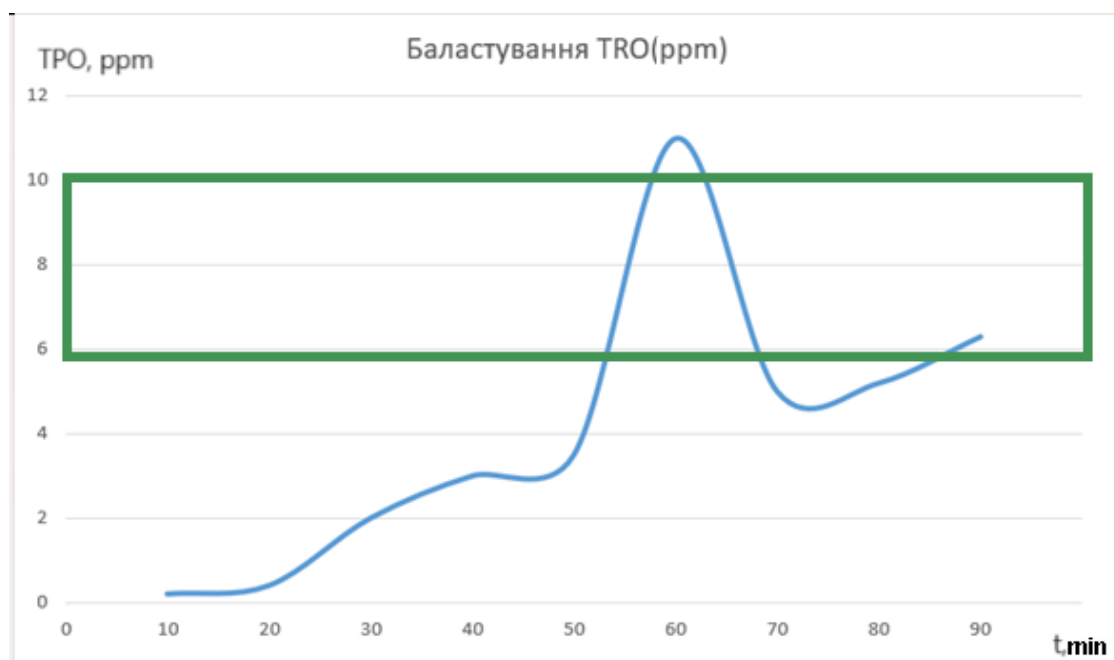


Рисунок 3.1 – Графік зміни TPO під час баластування (зеленим виділено норму TPO)

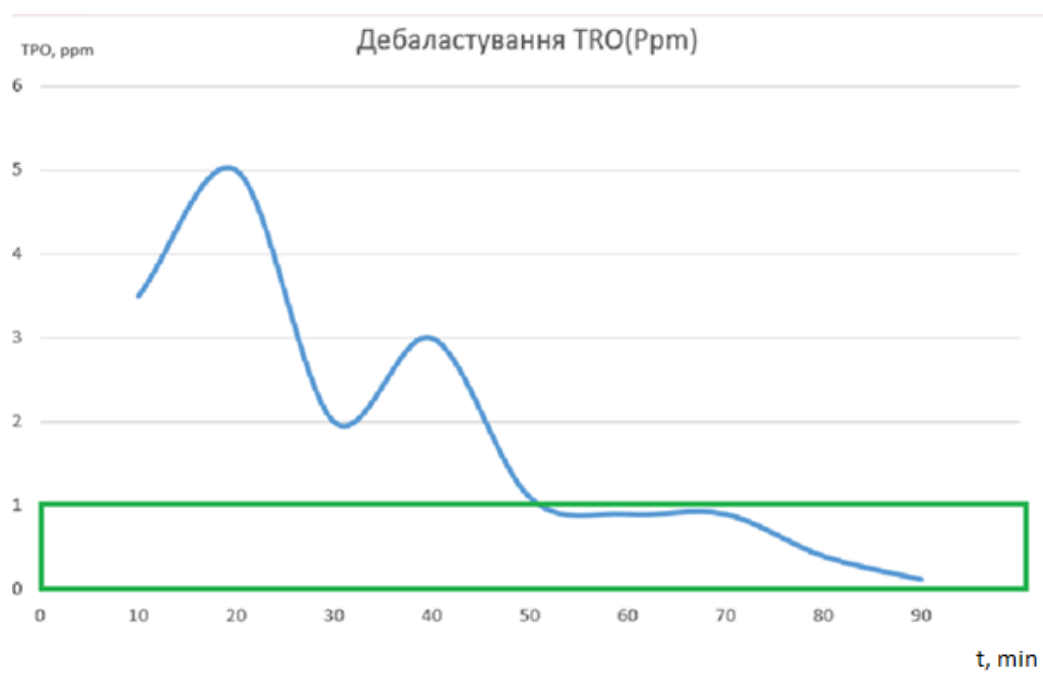


Рисунок 3.2 – Графік зміни TPO під час дебаластування

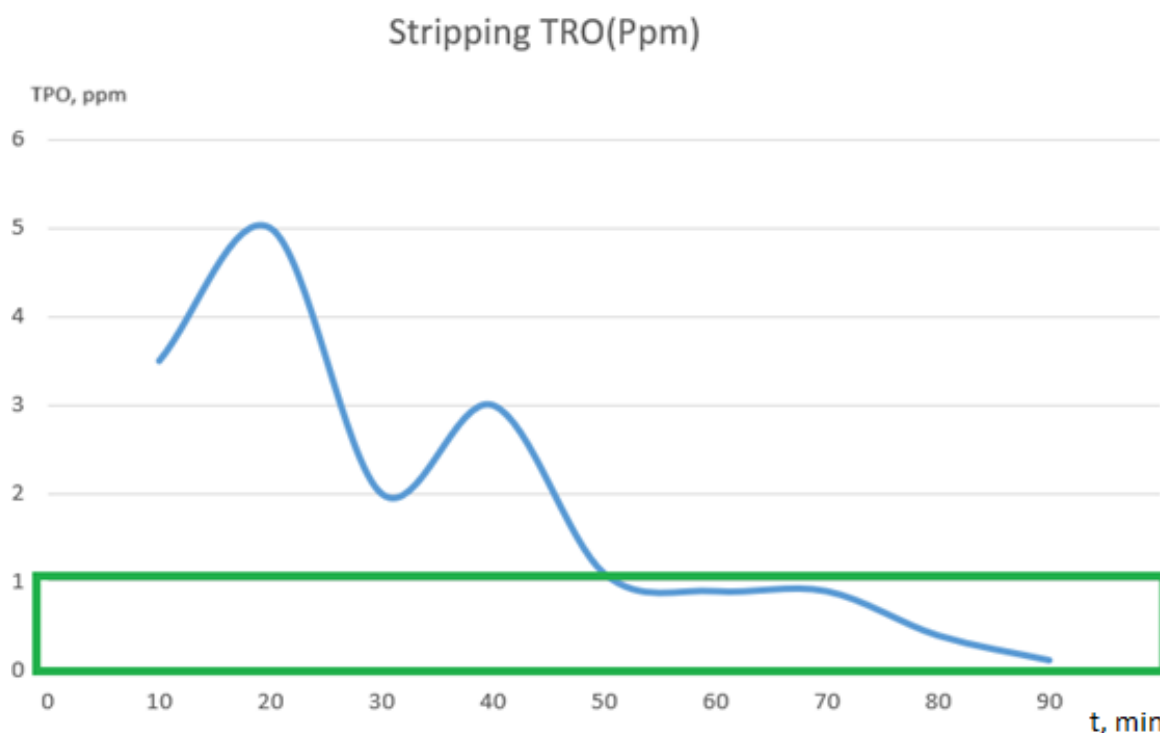


Рисунок 3.3 – Графік зміни TPO під час стріпінгу

Аналіз отриманих експериментальних даних (рис. 3.1 – рис. 3.2) свідчить, що без ручного коригування система має перерегулювання по TPO, оскільки значення загального залишкового окислювача приходить до норми лише через 1,5 год., та в цілому ці значення коливаються, що є причиною алармів та нестабільної роботи системи очищення баластних вод. Тому, додатково, було проведено експеримент із ручним коригуванням. Умови експерименту були аналогічні до умов експерименту без ручного коригування. Результати вимірювань внесені до табл. 3.4 – табл. 3.6. За конструкцією та програмуванням датчика, регулювати датчик за один цикл можна максимум на 1,5 ppm. Коригування значень показників відтворюються за допомогою CLX монітору.

Таблиця 3.4 – Результати вимірювань показників TRO під час баластування
(з використанням ручного способу коригування)

Баластування	
Час(хв)	TRO(Ppm)
10	0,2
20	1,7
30	3
40	4,5
50	6
60	5,8
70	7
80	6,1
90	5,9

Таблиця 3.5 – Результати вимірювань показників TRO під час дебаластування
(з використанням ручного способу коригування)

Дебаластування	
Час(хв)	TRO(Ppm)
10	3,5
20	1
30	0,4
40	0,5
50	0,8
60	0,9
70	1,4
80	1,2
90	0,2

Таблиця 3.6 – Результати вимірювань показників TRO під час розділення (з використанням ручного способу коригування)

Розділення	
Час(хв)	TRO(Ppm)
10	2,8
20	1
30	0,4
40	0,5
50	0,8
60	0,9
70	1,4
80	1,2
90	0,2

На основі наведених у табл. 3.4 – табл. 3.6 експериментальних даних створені графіки часових залежностей TRO для кожного з розглянутих режимів роботи (рис. 3.4 – рис. 3.6).



Рисунок 3.4 – Графік залежності TRO від часу у режимі баластування



Рисунок 3.5 – Графік залежності TPO від часу у режимі дебаластування
(з використанням ручного способу коригування)

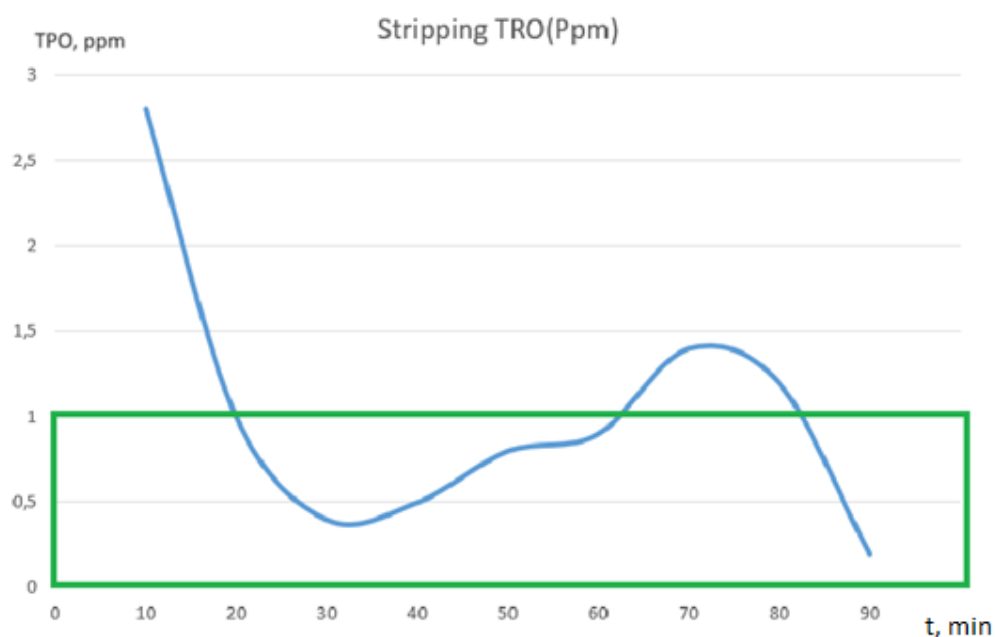


Рисунок 3.5 – Графік залежності TPO від часу у режимі стріпінгу
(з використанням ручного способу коригування)

Як видно з табл. 3.4 – табл. 3.6, для того, щоб операції баластування, дебаластування та стріпінгу проводилися за стандартами IMO D2, необхідно

вручну коригувати значення TRO та на протязі кожного з режимів спостерігати за значеннями TRO – датчика. Тому, для того, щоб максимально уникнути ручного коригування та покращити якість процесу моніторингу системи ECS, необхідно автоматизувати процес додаткового коригування датчика TRO. Однією з ідей покращення автоматичної роботи TSU (Блоку датчиків TRO), буде введення в систему запрограмованого відповідним чином PLC.

Висновки до розділу 3

1. Аналіз проведених експериментальних досліджень показує, що для того, щоб операції баластування, дебаластування та стріпінгу проводилися за стандартами IMO D2, необхідно вручну коригувати значення TRO та на протязі кожного з режимів спостерігати за значеннями TRO – датчика.

2. Запропоновано автоматизувати процес додаткового коригування датчика TRO для того, щоб максимально уникнути ручного коригування та покращити якість процесу моніторингу системи очищення баластних вод.

4 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ PLC ДЛЯ КОНТРОЛЮ РІВНЯ TRO У СИСТЕМІ ОЧИЩЕННЯ БАЛАСТНИХ ВОД

4.1 Контроль рівня TRO за допомогою PLC FX1S-14MT-001 FX1S14MT001 фірми Mitsubishi

Проведені експериментальні дослідження роботи датчика TRO, який входить до складу системи очищення баластних вод, показали, що для того, щоб операції баластування, дебаластування та стріпінгу відповідали стандарту IMO D2, доцільно ввести до складу системи додатковий контур корегування значень датчика TRO за допомогою PLC. Пропонується у якості додаткового контролера застосувати PLC FX1S-14MT-001 FX1S14MT001 фірми Mitsubishi, загальний вигляд якого показаний на рис. 4.1. Програмування контролера здійснено за допомогою програмного забезпечення ALPHA PROGRAMMING.

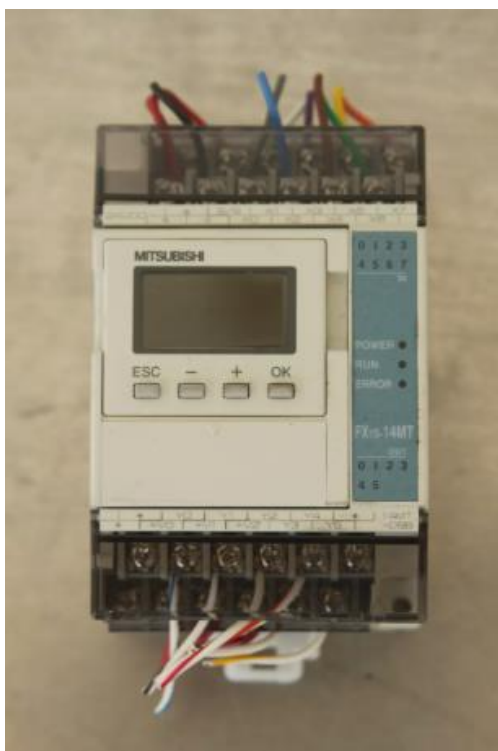


Рисунок 4.1 – Загальний вигляд PLC FX1S-14MT-001 FX1S14MT001 фірми Mitsubishi

Введення додаткового контролера змінює структурні схеми досліджуваної системи очищення баластних вод. Розроблені структурні схеми цієї системи з додатковим PLC при здійсненні операцій баластування та дебаластування наведені відповідно на рис. 4.2 та рис. 4.3.

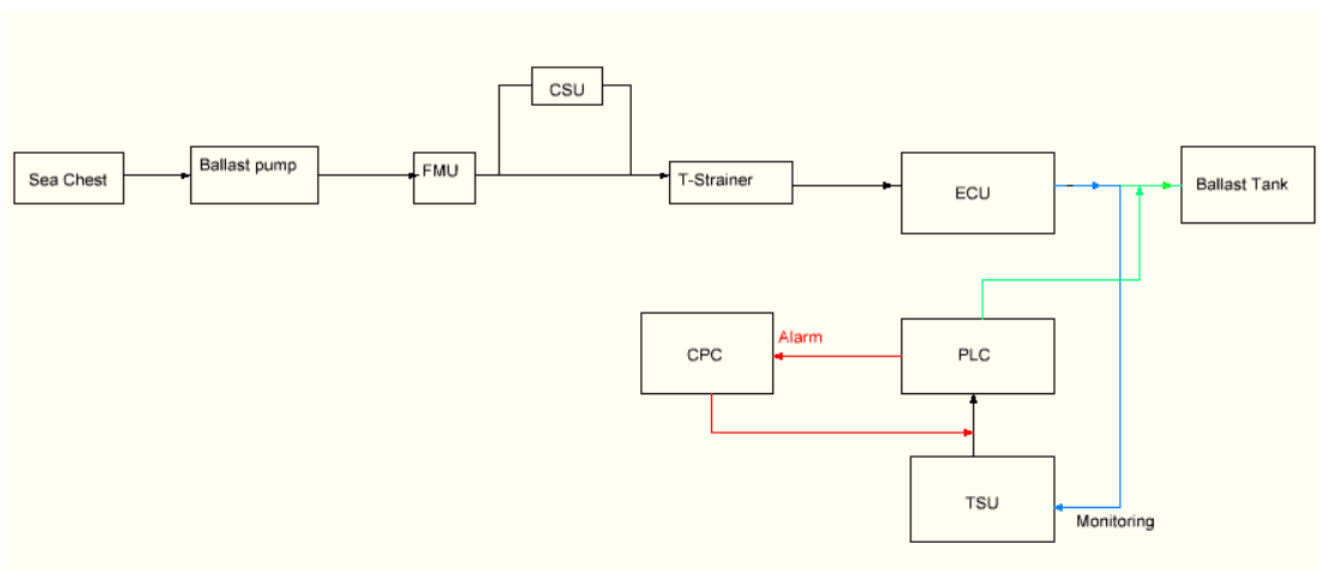


Рисунок 4.2 – Структурна схема системи очищення баластних вод з додатковим PLC при баластуванні

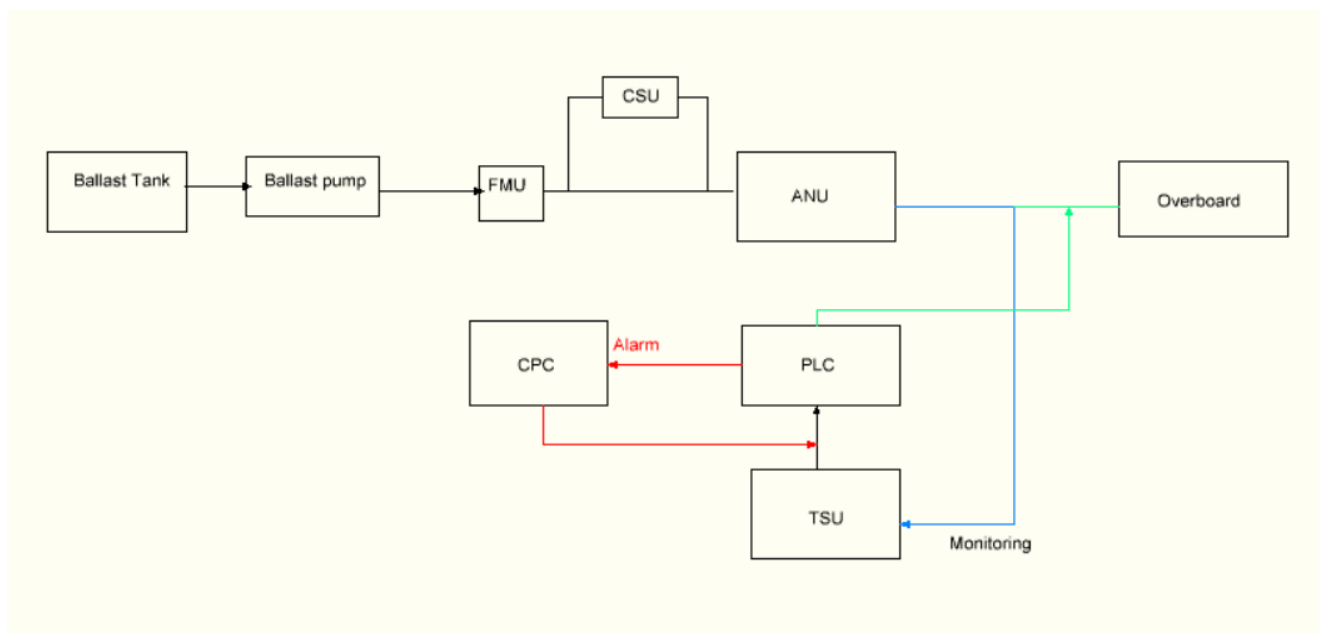


Рисунок 4.3 – Структурна схема системи очищення баластних вод з додатковим PLC при дебаластуванні

Схеми з PLC відтворюють, що сигнал з TSU, буде в будь-якому випадку поданий на створене додаткове PLC, після чого, якщо PLC зчитає некоректні данні рівня TRO, то на CPC буде подаватися лише сигнал аларму, але вже програмований додатковий контролер виправить ситуацію з концентрацією TRO, та у цьому випадку буде поданий сигнал на те, що вода може бути скинута у баластний танк.

На рисунку 4.4 наведений програмне забезпечення додаткового PLC FX1S-14MT-001 FX1S14MT001 Mitsubishi для контролю рівня TRO у автоматичному режимі із застосуванням під час всіх трьох розглянутих операцій: баластування, дебаластування та стріпінгу. Схема програми складається з: трьох тумблерів, для вибору операції; трьох блоків зрівняння зон аналогового сигналу (баластування (від 6 до 10 ppm); дебаластування (від 0 до 1 ppm); стріпінг (від 0 до 1 ppm)); чотирьох блоків компараторів; трьох булевих функцій; блоків задля спрацювання циркуляції води у випадку високого рівня реагенту, блоків для додавання реагенту у випадку низького значення ppm, та з'єднання для лампочки, яка подає сигнал, що датчик спрацьовує коректно.

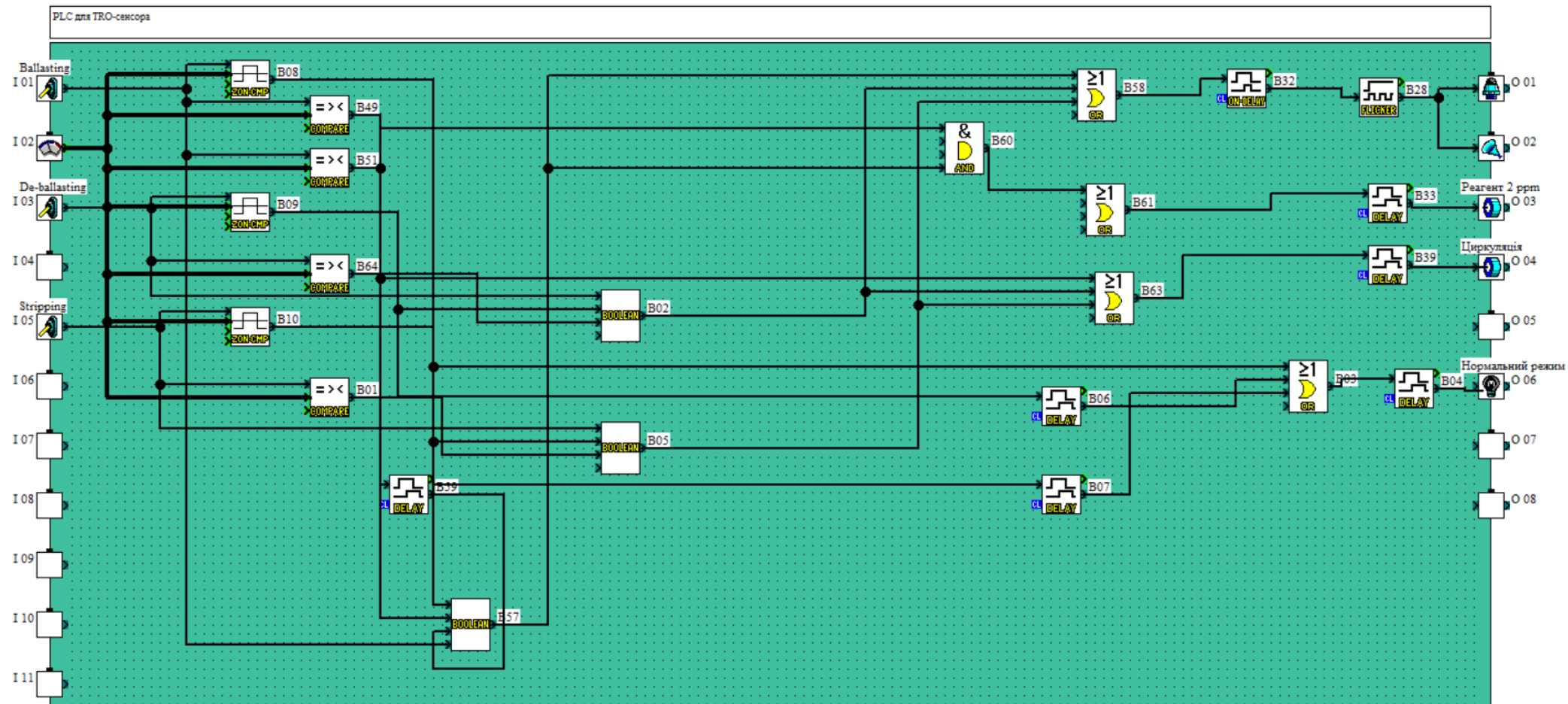


Рисунок 4.4 – Загальна схема програми роботи створеного PLC

На рис. 4.5 – рис. 4.7 наведено блоки булевих функцій, застосованих для забезпечення операцій баластування,дебаластування та стріпінгу відповідно.

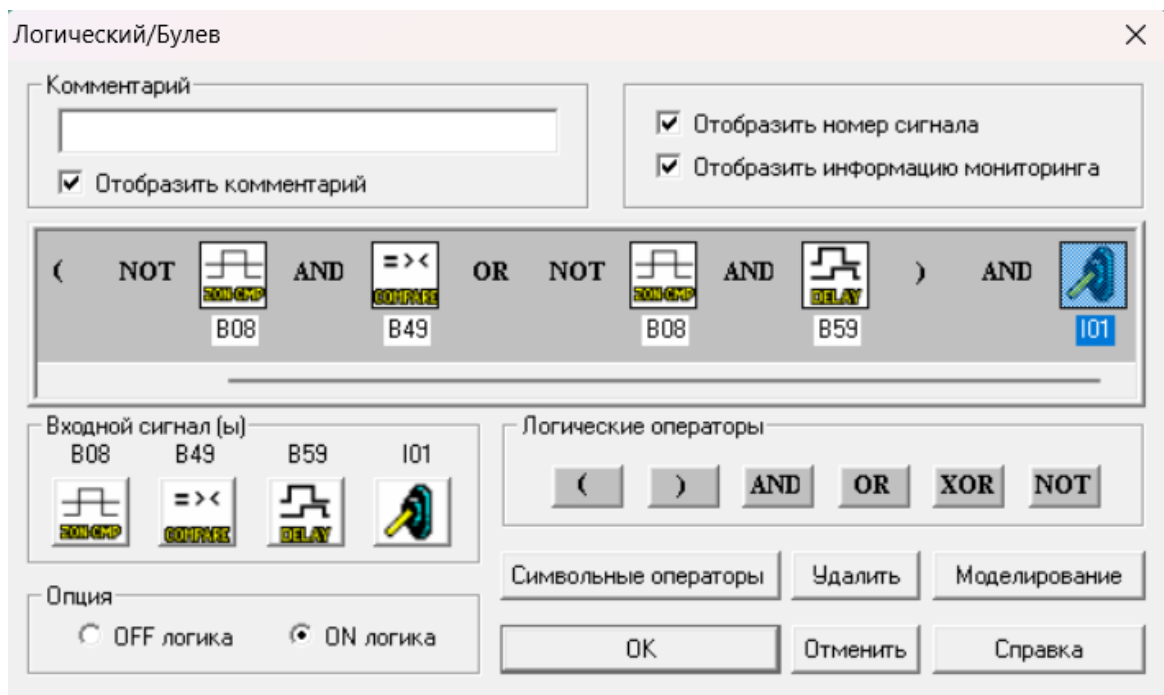


Рисунок 4.5 – Блоки булевих функції для забезпечення баластної операції

У блоці булевої функції, призначеної для забезпечення баластної операції, виконується наступний алгоритм: (блок НІ; блок зрівняння зон аналогового сигналу; блок І; блок компаратору, який спрацьовує при аналоговому сигналі більше 10 ppm при баластуванні (блок В49 на рис. 4.5); блок АБО; блок НІ; блок зрівняння зон аналогового сигналу; блок І; реле затримки часу;) блок І; тумблер який подає живлення на блок булевої функції та відповідає за вмикання дебаластування.

Тобто з аналізу схеми на рис. 4.4 та булевої функції можна зробити висновок, що при рівні сигналу, менше 6 ppm, спрацьовує сигналізація від блоку АБО (В58), до якого під'єднаний блок булевої функції, розглянутої вище. В той же час подається сигнал на блок І (В60) від булевої функції та від компаратору В49, який, у свою чергу, подає сигнал на додачу реагенту в ємність, з якої зчитується значення ТРО. Реле затримки часу В39 додано для затримки сигналізації на випадок, коли

TRO нижче 6 ppm, тому що на момент, коли систему ECS запускають, із-за відсутності потоку води, значення TPO буде 0 ppm.

При значенні TPO від 6 до 10 ppm система буде функціонувати коректно. При значенні TPO більше 10 ppm, сигнал від компаратору, який спрацьовує при аналоговому сигналі більше 10 ppm, при баластуванні В49, подається на блок АБО В63, який в свою чергу подає сигнал на циркуляцію води, щоб знизити рівень реагенту.

Булева функція для забезпечення дебаластної операції (рис. 4.6) складається з тумблеру на вмикання дебаласту (блок НІ зрівняння зон аналогового сигналу, блок І компаратору, який зрівнює значення аналогового сигналу з 1 ppm). Відповідно сигнал булевої функції поступає на сигналізацію та на блок АБО (В63), який, у свою чергу, подає сигнал на циркуляцію води, щоб знизити рівень реагенту. При значенні TPO від 0 до 1 ppm, система буде функціонувати без алармів.

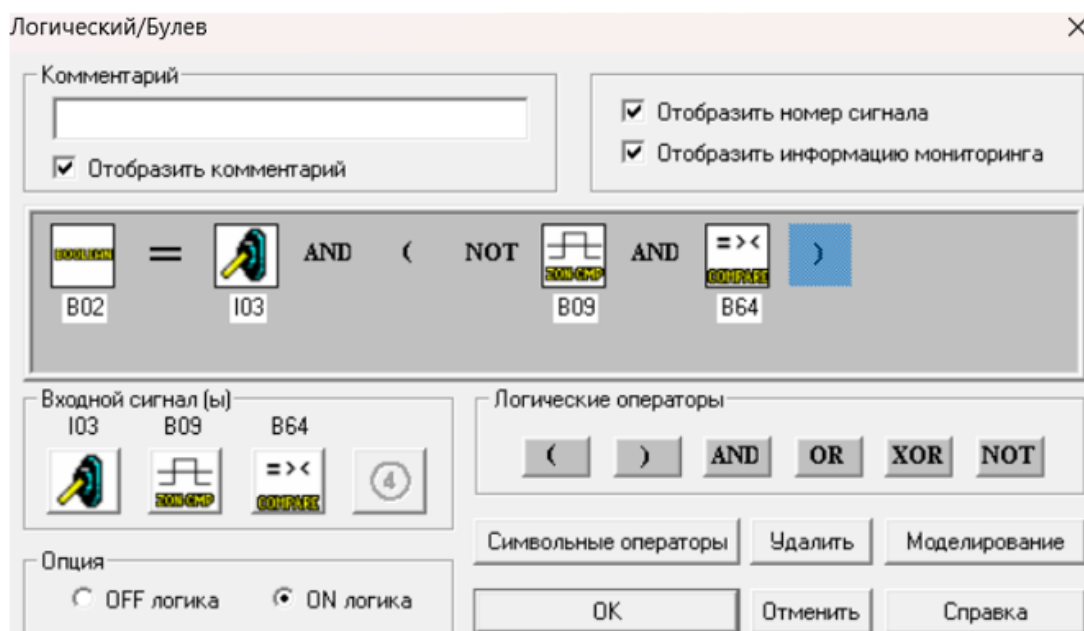


Рисунок 4.6 – Булева функція для забезпечення дебаластної операції

Булева функція для забезпечення стріпінгу (рис. 4.7) складається з: тумблеру на вмикання стріпінгу (блок НІ; блок зрівняння зон аналогового сигналу; блок І; блок компаратору, який зрівнює значення аналогового сигналу з 1 ppm).

Відповідно сигнал булевої функції йде на сигналізацію та на блок АБО В63, який в свою чергу подає сигнал на циркуляцію води, щоб знизити рівень реагенту. При значенні ТРО від 0 до 1 ppm, система буде функціонувати без алармів.

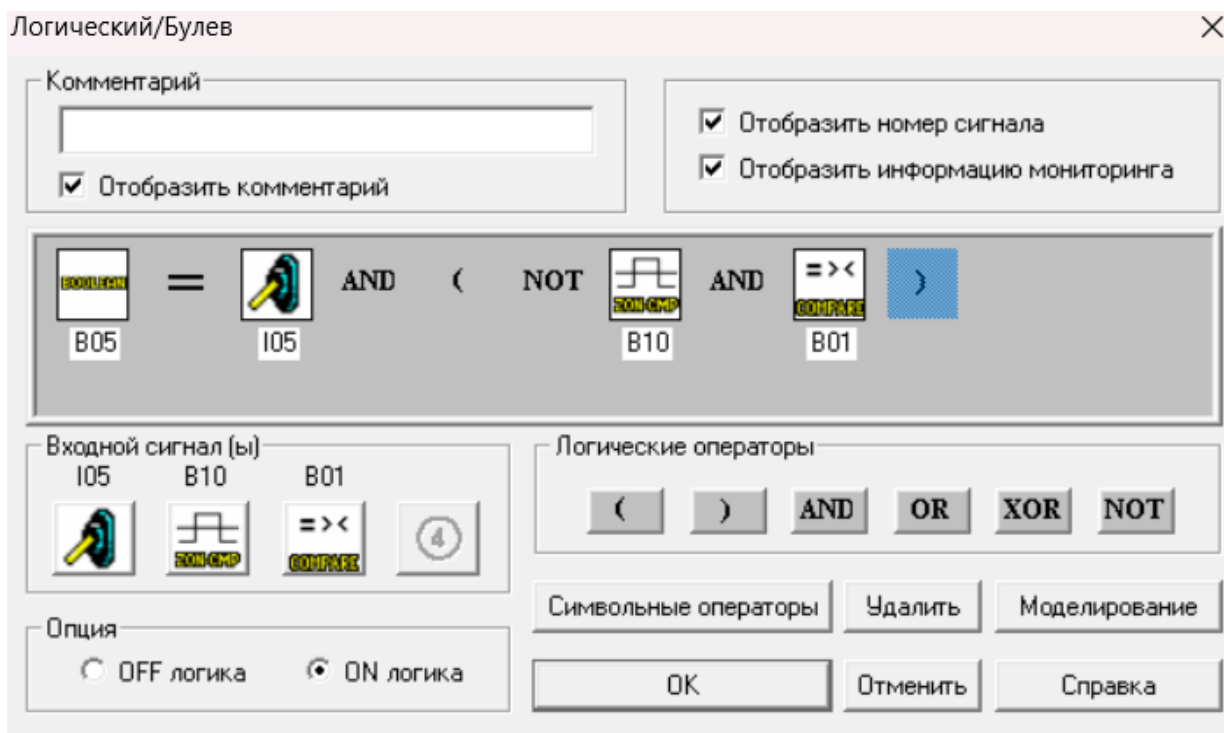


Рисунок 4.7 –Булева функція для забезпечення стріпінгу

На основі аналізу розробленого алгоритму роботи доданого PLC здійснюємо перевірку його роботи під час кожної операції.

4.2 Блок-схеми програм роботи додаткового PLC під час баластування

4.2.1 Блок-схема програми роботи додаткового PLC під час баластування в умовах, коли значення ТРО менше необхідного діапазону

На рисунку 4.8 показана розроблена блок-схема програми запуску системи ECS під час операції баластування.

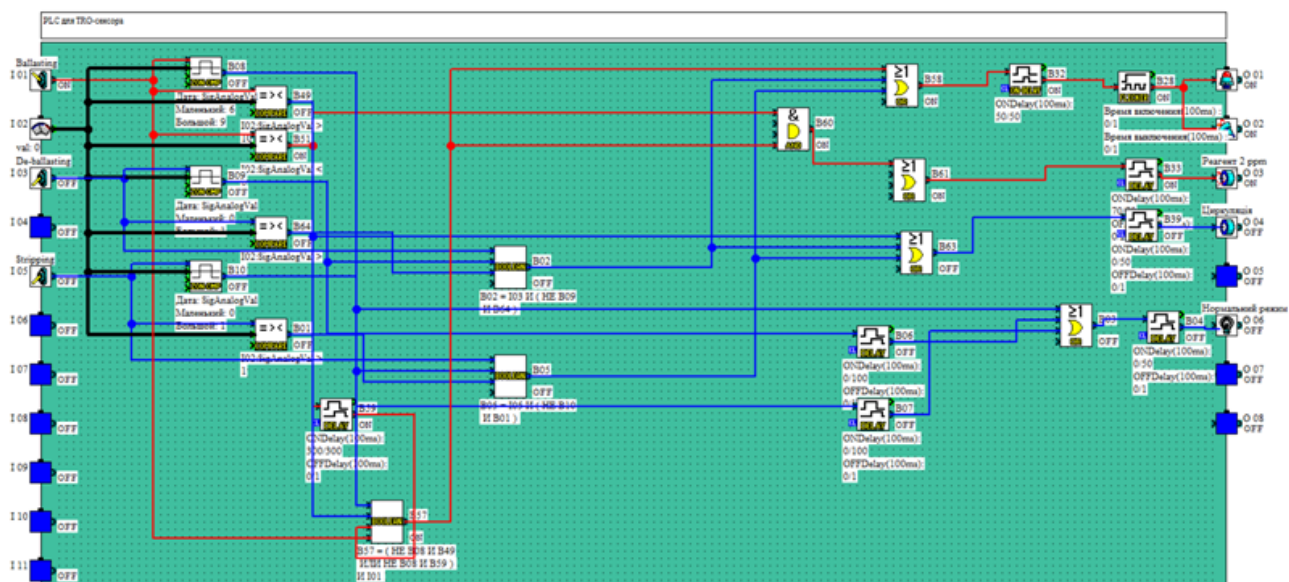


Рисунок 4.8 – Блок-схема програми запуску системи ECS під час операції
баластування

Як можна побачити з рис. 4.8, коли система ECS запускається, то початкове значення TRO дорівнює 0. У цьому випадку, подається сигнал на насос, призначенням якого є додавання реагенту для того, щоб вирівняти значення ppm.

4.2.2 Блок-схема програми роботи додаткового PLC під час баластування в умовах, коли значення TRO від 6 до 10 ppm

Рисунок 4.9 відображає нормальну роботу системи очищення баластних вод у режимі баластування.

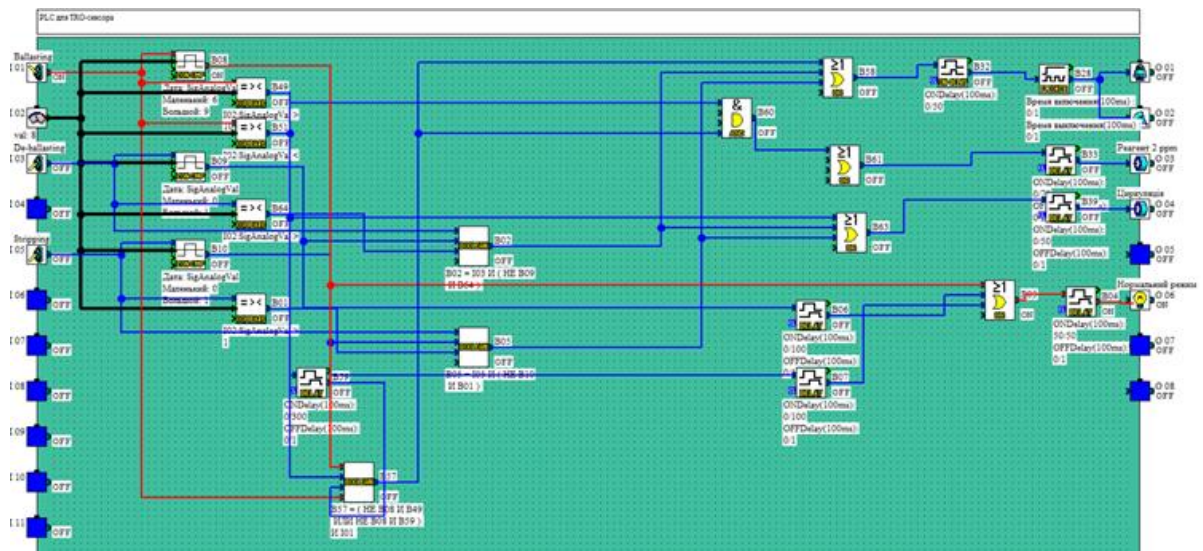


Рисунок 4.9 – Нормальна робота системи ECS у режимі баластування

Як можна побачити з рисунку 4.9, система працює в нормальному режимі при значеннях TRO від 6 до 10 rpm.

4.2.3 Блок-схема програми роботи додаткового PLC під час баластування в умовах, коли значення TRO більше 10 rpm

Блок-схема програми роботи додаткового PLC під час баластування в умовах, коли значення TRO більше 10 rpm, приведений на рис. 4.10.

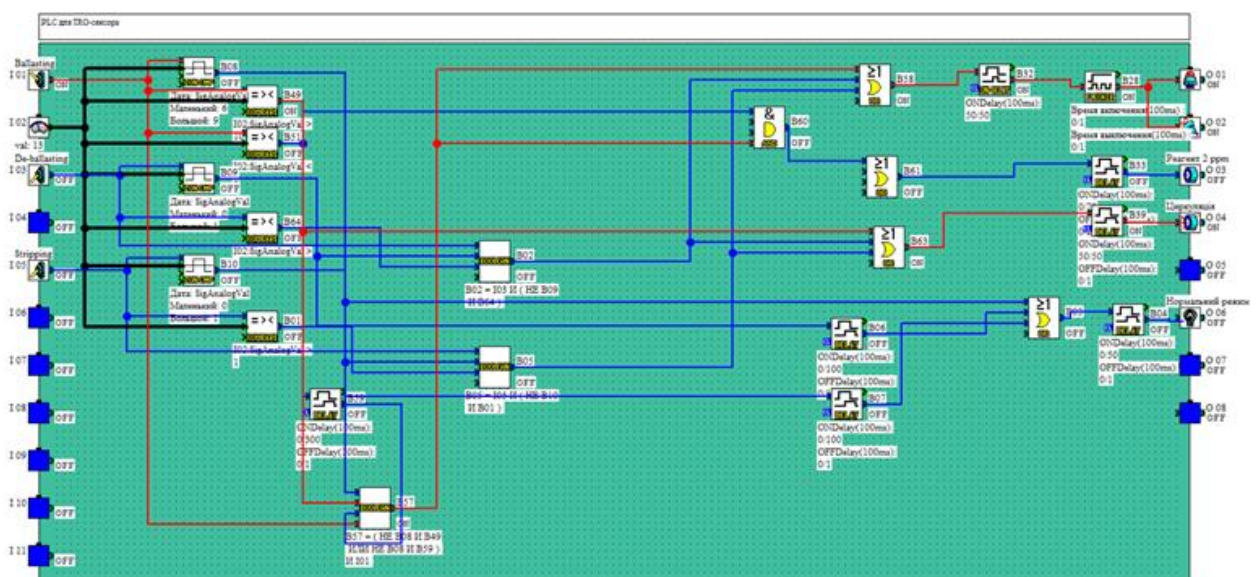


Рисунок 4.10 – Блок-схема програми роботи додаткового PLC під час баластування в умовах, коли значення TRO більше 10 rpm

З рисунку 4.10 видно, що у випадку, коли значення TRO перевищує 10 ppm, відбувається циркуляція води, спрацьовує сигналізація та значення TRO повертається в норму.

4.3 Блок-схеми програм роботи додаткового PLC під час дебаластування

4.3.1 Блок-схема програми роботи додаткового PLC під час дебаластування в умовах, коли значення TRO знаходиться в діапазоні від 0 до 1 ppm

На рис. 4.11 зображена блок-схема програми роботи PLC в TSU при дебаластуванні. Як можемо побачити з рисунку, система ESC працює в нормальному режимі при значеннях TRO від 0 до 1 ppm.

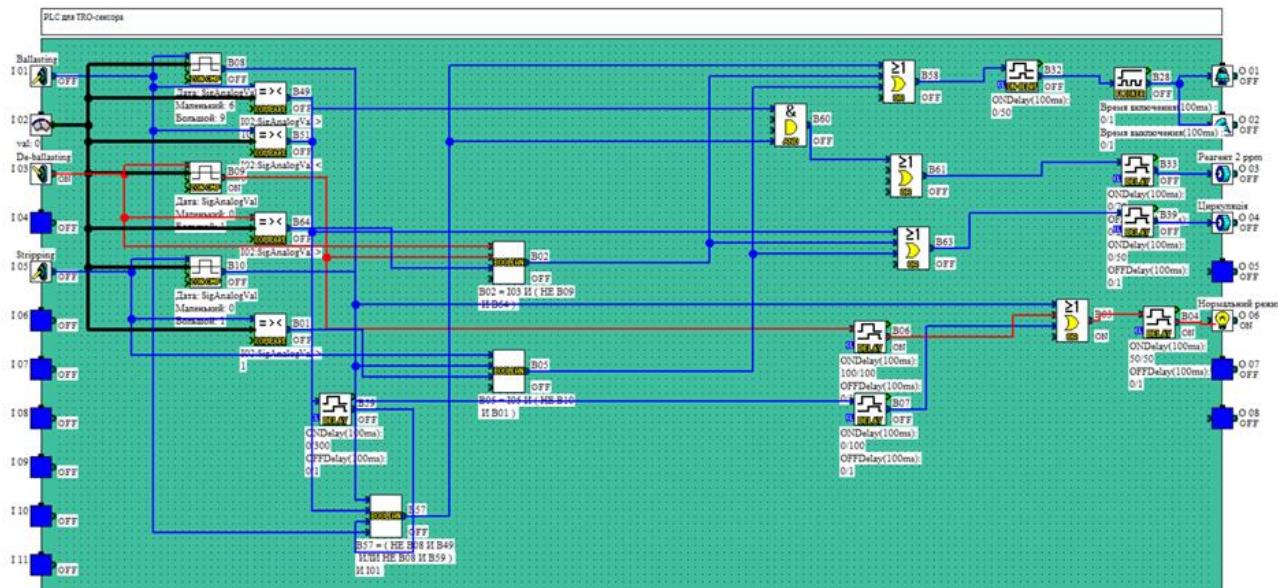
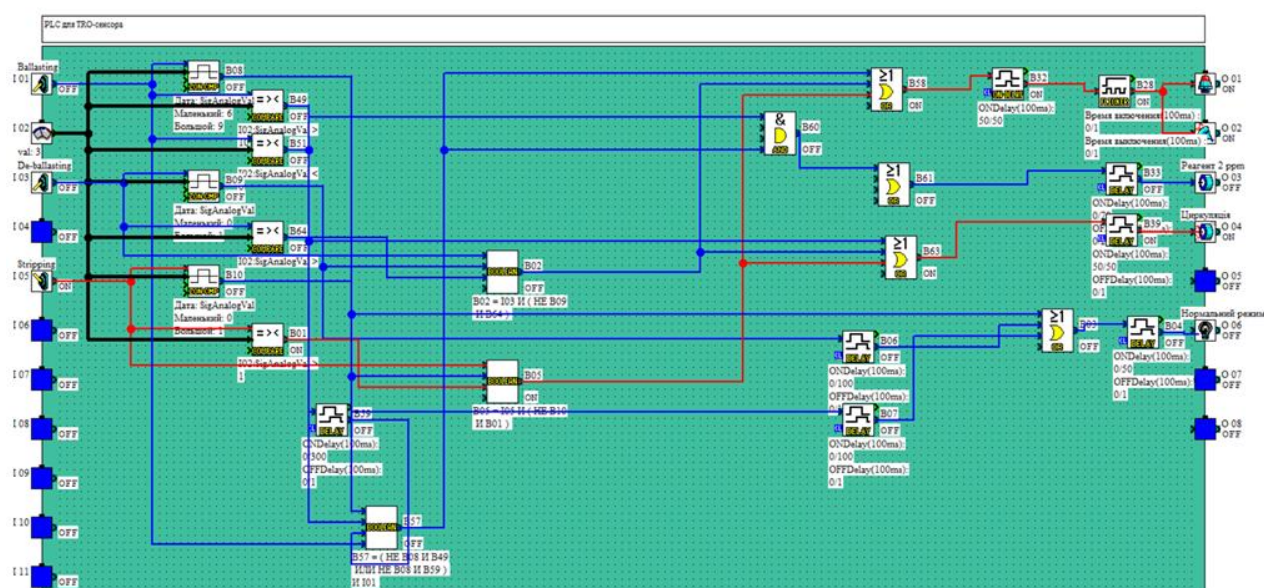


Рисунок 4.11 – Блок-схема програми роботи додаткового PLC при нормальній роботі системи ESC під час дебаластування

4.3.2 Блок-схема програми роботи додаткового PLC під час дебаластування в умовах, коли значення TRO більше, ніж 1 ppm

Блок-схема програми роботи додаткового PLC під час дебаластування в умовах, коли значення TRO більше, ніж 1 ppm наведений на рис. 4.12. З аналізу алгоритму видно, що у випадку, коли значення реагенту більше, ніж 1 ppm, відбувається циркуляція води, спрацьовує сигналізація та значення TRO повертається в норму.



видно з аналізу алгоритму при значеннях TRO від 0 до 1 ppm система ESC працює в нормальному режимі).

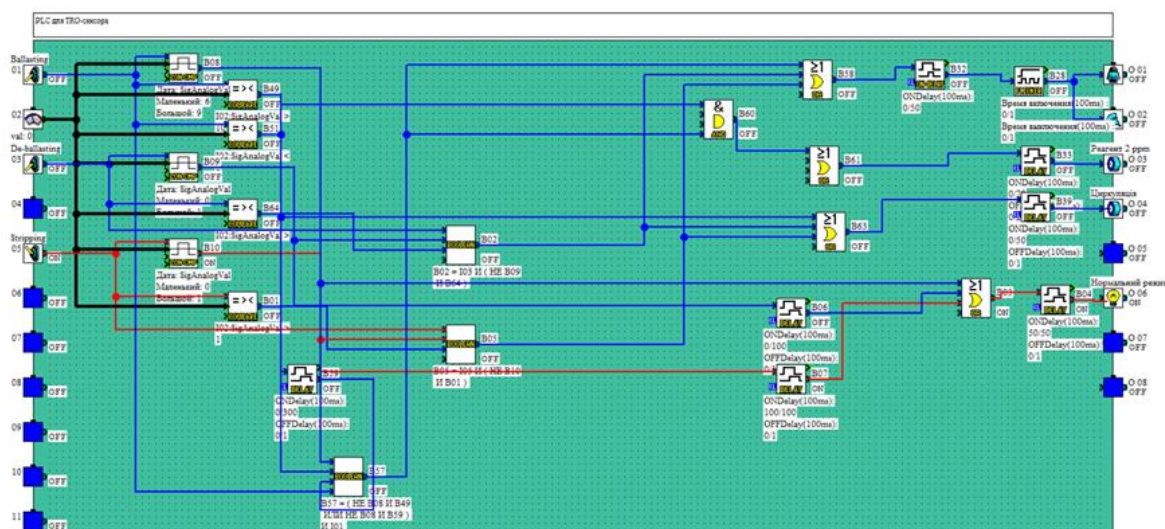


Рисунок 4.13 – Блок-схема програми роботи додаткового PLC під час стріпінгу в умовах, коли значення TRO складають від 0 до 1 ppm

4.4.2 Блок-схема програми роботи додаткового PLC під час стріпінгу в умовах, коли значення TRO більше, ніж 1 ppm

У випадку, коли датчик показує значення реагенту більше, ніж 1 ppm, відбувається циркуляція води, спрацьовує сигналізація та значення TRO повертається в норму (рис. 4.14).

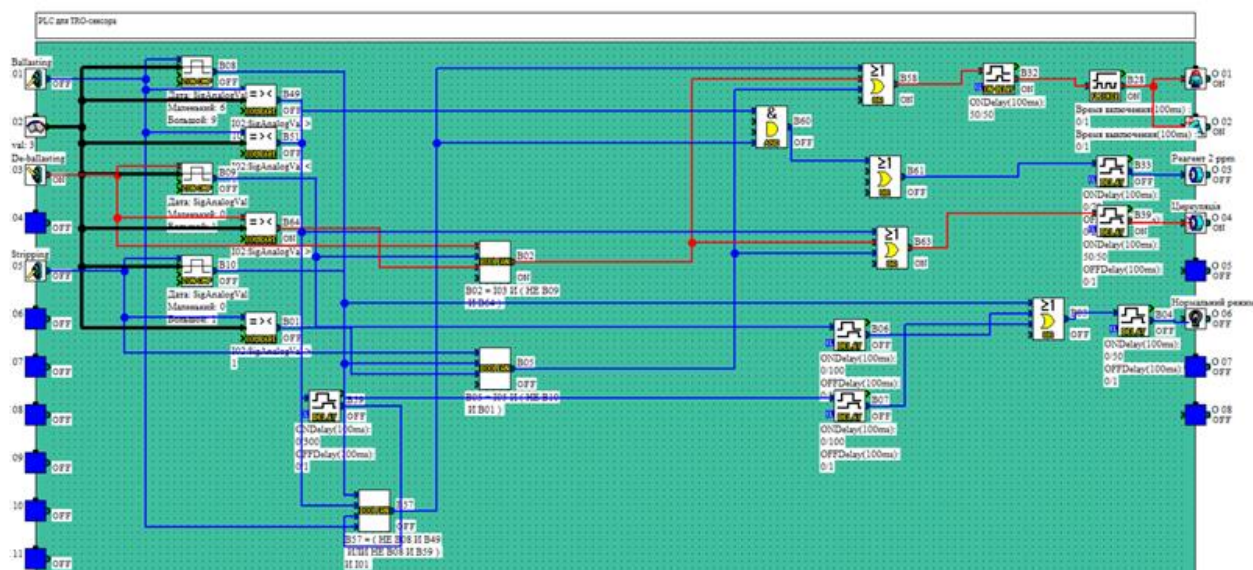


Рисунок 4.14 – Блок-схема програми роботи PLC, коли TRO більше, ніж 1 ppm

Створені блок-схеми програм роботи додаткового PLC під час операцій баластування,дебаластування та стріпінгу для різних умовіх проведення та різних поточних значеннях TRO дозволяють проводити додаткове коригування цих значень в автоматичному режимі. Це суттєве підвищує точність оцінки рівня TRO та забезпечити роботу системи очищення баластних вод без зайвих алармів.

Висновки до розділу 4:

1. Проведені експериментальні дослідження роботи датчика TRO, який входить до складу системи очищення баластних вод, показали, що для того, щоб операції баластування, дебаластування та стріпінгу відповідали стандарту IMO D2, доцільно ввести до складу системи додатковий контур автоматичного корегування значень датчика TRO за допомогою PLC.

2. Розроблені структурні схеми досліджуємої системи очищення баластних вод з додатковим PLC при здійсненні операцій баластування та дебаластування дозволили розробити програмне забезпечення введеного PLC при виконанні операцій баластування, дебаластування та стріпінгу з урахуванням різних рівнів TRO.

3. Реалізація розробленого програмного забезпечення додаткового PLC дозволила здійснити автоматичне корегування рівнів TRO при виконанні операцій баластування, дебаластування та стріпінгу.

ВИСНОВКИ

Основним результатом дослідження, якому присвячена магістерська робота, є досягнення поставленої мети у вигляді дослідження процесів контролю і управління у системі очищення баластних вод балкеру та обґрунтування шляхів її удосконалення, що дозволило отримати відповідний технічний та екологічний ефект.

Дослідження, що виконані та представлені в окремих розділах роботи, дозволяють зробити наступні висновки:

1. Проведений аналіз методів та способів очищення баластних вод дозволив дослідити роботу системи очищення баластних вод, встановлену на судні, що розглядається у роботі.

2. Встановлено, що найбільш ефективним є спосіб, який поєднує різні технології та уможливорює двоступеневе очищення і знезараження баластних вод до рівня, якого потребує стандарт D-2.

3. Розроблені структурні схеми системи очищення баластних вод дозволили оцінити особливості процесів контролю та управління у неї під час операцій баластування, дебаластування та «стрипінгу».

4. Проведені експериментальні дослідження роботи датчика TRO, який входить до складу системи очищення баластних вод, показали, що для того, щоб операції баластування, дебаластування та стрипінгу відповідали стандарту IMO D2, доцільно ввести до складу системи додатковий контур автоматичного корегування значень датчика TRO за допомогою PLC.

5. Реалізація розробленого програмного забезпечення додаткового PLC дозволила здійснити автоматичне корегування рівнів TRO при виконанні операцій баластування, дебаластування та стрипінгу.

6. Результати магістерського дослідження можуть бути використані при аналізі процесів контролю та управління у системах очищення баластних вод морських суден різного призначення та дозволяють забезпечити виконання вимог стандарту IMO D2.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Тірон-Воробйова, Н. Б., Романовська, О. Р., Данилян, А. Г. (2019) Баластні води: безпека чи загроза морських суден. Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського, серія: Технічні науки. Том 30 (69). № 2. С. 188–192.
2. Електронний ресурс. Режим доступу:
<https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/BWMConventionandGuidelines.aspx>.
3. Жеков Б.В. Експериментальне дослідження роботи датчика загального залишкового окислювача суднової системи очищення баластних вод / Б.В. Жеков, І.М. Гвоздева, Г.П. Грама, О.М. Єрмошкін / Труди 14 науково-технічної конференції «Суднова електроінженерія, електроніка і автоматика» Одеса. – НУ «ОМА». – 2024.
4. Теоретичні основи управління якістю водного середовища за допомогою твердих субстратів / Б. Г. Александров // Доп. НАН України. – 2001. – № 5. – С. 181–184.
5. Александров Б. Г. Проблема перенесення водних організмів суднами та деякі підходи до оцінки ризику нових інвазій / Б. Г. Александров // Морський екологічний журнал. – 2004. – 3, № 1. – С. 5–17.
6. The development of a decisional balance scale for anorexia nervosa / Cockell S.J., Geller J., Linden W. // European Eating Disorders Review, 2002. – № 10. – P. 356–357.
7. Decisional balance in anorexia nervosa: Capitalizing on ambivalence / Cockell S.J., Geller J., Linden W. // European Eating Disorders Review, 2003. – № 11. – P. 75–89.
8. Kube, Sandra; Postel, Lutz; Honnef, Christopher & Augustin, Christina B. (2007): *Mnemiopsis leidyi* in the Baltic Sea — distribution and overwintering between autumn 2006 and spring 2007. *Aquatic Invasions* 2 (2): 137–145.

9. Моргун Г.М. Особливості мікроеволюції та адаптації чужорідних безхребетних тварин унаслідок інвазії в водойми Азово-Чорноморського басейну. – Дисертація на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 091 – Біологія (галузі знань 09 – Біологія). – Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна Міністерство освіти і науки України, Харків, 2021. – 236 с.

10. Електронний ресурс. Режим доступу: <https://ndekc.te.ua/news/perspektivi-vikoristannya-vodyanih-roslin--yak-bopaliva>.

11. Hayes K. R. Ecological risk assessment for ballast water introductions: a suggested approach // ICES J. Mar. Sci. – 1998. – 52. – P. 201 – 212.

12. Global Maritime Transport and Ballast Water Management: Issues and Solutions Matej David, Stephan Gollasc. – 303 p.

13. IMO Bulletin. To put an end to invasion of alien organisms as a result of their transportation with ballast water. October 1998. – 21 p.

14. IMO's BWM Convention to Enter Into Force in September 2017. *World Maritime News*. Архів оригіналу за 5 липня 2017. Електронний ресурс. Режим доступу:

<https://web.archive.org/web/20170705104738/http://worldmaritimenews.com/archives/201520/imos-bwm-convention-to-enter-into-force-in-september-2017/>.

15. Costello, C., J. M. Drake, and D. M. Lodge. 2007. Evaluating an invasive species policy: ballast water exchange in the Great Lakes. *Ecological Applications* 17:655–662 с.

16. International Convention for the Prevention of Pollution from Ships (MARPOL). Електронний ресурс. Режим доступу: [https://www.imo.org/en/about/Conventions/Pages/International-Convention-for-the-Prevention-of-Pollution-from-Ships-\(MARPOL\).aspx/](https://www.imo.org/en/about/Conventions/Pages/International-Convention-for-the-Prevention-of-Pollution-from-Ships-(MARPOL).aspx/)

17. INTERNATIONAL CONFERENCE ON BWM/CONF/36 BALLAST WATER MANAGEMENT FOR 16 February 2004 SHIPS. Електронний ресурс.

Режим доступу:

<https://library.arcticportal.org/1913/1/International%20Convention%20for%20the%20C>

ontrol%20and%20Management%20of%20Ships%27%20Ballast%20Water%20and%20Sediments.pdf

18. Ballast Water Management. Электронный ресурс. Режим доступа: <http://www.imo.org/OurWork/Environment/BallastWaterManagement/Pages/Default.aspx>.

19. Ballast water treatment technologies and current system availability. Part of Lloyd's Register's Understanding Ballast Water Management series. – London, 2012. Электронный ресурс. Режим доступа: http://www.lr.org/Images/BWT2012v2b_tcml55-242898.pdf.

20. Guide for ballast water treatment. – Houston: American Bureau of Shipping, 2011. Электронный ресурс. Режим доступа: http://www.eagle.org/eagleExternalPortalWEB/ShowProperty/BEA%20Repository/Rules&Guides/Current/187_BWT/Guide.

21. Emerging Ballast Water Management Systems. – Malmo, Sweden: IMO-WMU Research and Development Forum, 26-29 January 2010. Электронный ресурс. Режим доступа: <http://globallast.imo.org/EmergingBallastWater.pdf>.

22. Ballast Water Treatment Advisory. – Houston: American Bureau of Shipping, 2011. Электронный ресурс. Режим доступа: <http://www.eagle.org/eagleExternalPortalWEB/ShowProperty/BEA%20Repository/References/ABS%20Advisories/BWTreatmentAdv>.

23. Felts A. Great Lakes Aquatic Invasive Species and Their Impacts on Milwaukee / A. Felts and others. – USA, Wisconsin: University of Wisconsin-Madison, 2010. Электронный ресурс. Режим доступа: <http://www.lafollette.wisc.edu/publications/workshops/2010/invasive.pdf>.

24. Flower J. On continuous-flow techniques for the purging of contaminated water in ballast water tanks / J. Flower // Journal of Marine Engineering and Technology. – 2002. – № A1. – P. 37-47.

25. Yongxin Song Corrosion of marine carbon steel by electrochemically treated ballast water [Text] / Yongxin Song, Kun Dang, Huafang Chi, Delin Guan // Journal of Marine Engineering and Technology. – 2009. – № A13. – P. 49-55.

26. Саввова О.В. Розроблення заходів з попередження біологічного забруднення транскордонних водних об'єктів / О.В. Саввова, Д.С. Росінський, І.С. Максименко / Труди V Міжнародної науково-технічної конференції «ВОДА. ЕКОЛОГІЯ. СУСПІЛЬСТВО» 1-2.10.2020.

Електронний ресурс. Режим доступу:

file:///C:/Users/user/Downloads/vvov,+%D0%A1%D0%B0%D0%B2%D0%B2%D0%BE%D0%B2%D0%B0_%D0%92%D0%95%D0%A12020%20(3).pdf.

27. Science for modern man – 2023. Varlan T.E. Chapter 5 Application of Ballast Water Treatment Systems and Minimization of Harmful Impacts on the Marine Ecosystem. DOI: 10.30890/2709-2313.2023-16-01-019.

28. Електронний ресурс. Режим доступу:

<https://zeppelin-marine.com.ua/catalog/optimarine-systems/>

29. Чимшир В.І., Тірон-Воробйова Н.Б., Шик Е., Малий В.С. (2023) Концептуальні підходи до знезараження баласту та його залишків із шламових цистерн морських суден. Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського, серія: Технічні науки. Том 34 (73) № 6. С. 299 – 307.

30. Мельник О.М., Волошин А.О., Онищенко О.А., Логінов О.В., Щебрина О.В. (2022) Огляд процесу модернізації та оснащення суден системами очищення баластних вод. Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського, серія: Технічні науки. Том 33 (72) № 5. – С. 299–304.

31. Порівняльна оцінка енергетичної ефективності способів обробки баластних вод / Горбов В.М., Мітенкова В. С., Тимофеева А. С. // Науковий вісник Херсонської державної морської академії. – 2013. – № 1 (8). – С. 35–44.