

Міністерство освіти і науки України
Національний університет «Одеська морська академія»
Навчально-науковий інститут інженерії

Кафедра суднових енергетичних установок

ДИПЛОМНА РОБОТА МАГІСТРА

на тему:

**ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МІЖНАРОДНИХ ВИМОГ ПІД ЧАС
ПРОВЕДЕННЯ БАЛАСТНИХ ОПЕРАЦІЙ НА
СУДНАХ МОРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ**

Курсанта 2-го року навчання навчально-наукового інституту інженерії
Борецького Євгена Олександровича

Керівник: д-р техн. наук, професор Сагін С.В.

Нормоконтроль

Олександр К. М., доц. Фаресєєв Д. І.

Роботу заслухано на засіданні кафедри суднових енергетичних установок.

Рекомендовано до захисту в ЕК, протокол № 17 від 17.12 2025 р.

Завідувач кафедри СЕУ,

д-р техн. наук, професор

(підпис)

Сергій САГІН

Рецензент (зовнішній)

(ПІБ, підпис, дата)

Александр С. Сагін Д. І. Фаресєєв 17.12.25

Рецензент (внутрішній)

(ПІБ, підпис, дата)

Олександр К. М. Д. І. Фаресєєв 19.12.25

Одеса – 2025

Національний університет «Одеська морська академія»
Навчально-науковий інститут інженерії
Кафедра суднових енергетичних установок

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
суднових енергетичних установок

д-р техн. наук, професор Сергій САГІН
10 вересня 2025 р.

ЗАВДАННЯ

на виконання дипломної роботи магістра

Курсант ННІП _____ **Борецький Євген Олександрович** _____

1. Тема дипломної роботи: _____ **Забезпечення міжнародних вимог** _____

_____ **під час проведення баластних операцій на судах морського транспорту** _____

Затверджена наказом ректора НУ «ОМА» № **1414** від **24 листопада 2025 р.** _____

2. Об'єкт дослідження _____ **процес транспортування баластних вод суднами** _____

_____ **морського та внутрішнього водного транспорту** _____

3. Предмет дослідження _____ **процес знешкодження інвазійних елементів в** _____

_____ **суднових баластних водах** _____

4. Обсяг пояснювальної записки: _____ **80...90 стор.** _____

5. Структура пояснювальної записки дипломної роботи: _____

_____ **Аналіз літературних джерел з розв'язання завдання попередження** _____

_____ **забруднення морського середовища баластними водами** _____

_____ **Методологія наукового дослідження** _____

_____ **Контроль суднових баластних вод і осадів та управління ними** _____

_____ **Озонування морського баласту як засіб розв'язку проблеми** _____

_____ **скидання баластних вод** _____

6. Зміст основної частини пояснювальної записки (перелік питань, що

підлягають розробці):

_____ **Аналіз літературних джерел з розв'язання завдання попередження** _____

_____ **забруднення морського середовища баластними водами** _____

_____ **Методологія наукового дослідження** _____

_____ **Контроль суднових баластних вод і осадів та управління ними** _____

_____ **Озонування морського баласту як засіб розв'язку проблеми** _____

_____ **скидання баластних вод** _____

7. Перелік графічного матеріалу: _____

_____ **Методологія наукового дослідження** _____

_____ **Аналіз способів попередження забруднення морського середовища** _____

_____ **баластними водами** _____

_____ **Результати досліджень** _____

_____ **Висновки** _____

Робота повинна бути виконана відповідно до «Методичних вказівок для виконання дипломної роботи магістра», затверджених Вченою радою ННІП 27.06.2023, протокол № 11.

РЕФЕРАТ

Дипломна робота магістра: 87 сторінок, 12 рисунків, 5 таблиць, 69 літературних джерел.

Дипломна робота присвячена розв'язанню важливого та актуального науково-прикладного завдання – управління баластними водами суден морського та внутрішнього водного транспорту з метою запобігання інвазійного забруднення морських акваторії під час експлуатації суден морського та внутрішнього водного транспорту.

Розглянути питання вирішення проблем, що пов'язані зі транспортуванням морських мікроорганізмів в баластних водах морських суден. Надані основні способі вирішення проблеми глобального баласту.

Запропоновано метод озонування морського баласту (метод Blue Ballast) як засіб розв'язання проблеми скидання баластних вод.

СУДНОВА БАЛАСТНА СИСТЕМА, ПРОБЛЕМА ГЛОБАЛЬНОГО БАЛАСТУ, ОЗОНУВАННЯ МОРСЬКОГО БАЛАСТУ, МЕТОД BLUE BALLAST, ГЕНЕРАТОР ОЗОНУ

ABSTRACT

Master`s degree thesis: 87 pages, 12 figures, 54 tables, 69 references.

The thesis is devoted to the solution of an important and relevant scientific and applied task - ballast water management of sea and inland water transport vessels.

Consider solving problems related to the transportation of marine microorganisms in the ballast waters of seagoing vessels. The main ways to solve the problem of global ballast are given. The method of ozonation of marine ballast (Blue Ballast method) is proposed as a means of solving the problem of ballast water discharge.

SHIP BALLAST SYSTEM, PROBLEM OF GLOBAL BALLAST,
OZONATION OF SEA BALLAST, BLUE BALLAST METHOD, OZONE
GENERATOR

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК ПРИЙНЯТИХ СКОРОЧЕНЬ.....	7
ВСТУП.....	8
1. АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ З РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАВДАННЯ ПОПЕРЕДЖЕННЯ ЗАБРУДНЕННЯ МОРСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА БАЛАСТНИМИ ВОДАМИ.....	12
1.1. Аналіз основних причин забруднення морського середовища баластними водами з суден морського та внутрішнього водного транспорту	12
1.2. Методи знезараження баластних вод суден морського та внутрішнього водного транспорту.....	14
1.3. Аналіз основних методів обробки баластних вод на судах морського та внутрішнього водного транспорту	16
1.4. Висновки за розділом 1	27
2. МЕТОДОЛОГІЯ НАУКОВОГО ДОСЛІДЖЕННЯ	28
2.1. Наукове пізнання	28
2.2. Методи дослідження проблем.....	33
2.3. Етапи науково-дослідної роботи	35
2.4. Технологічна карта наукового дослідження	37
2.5. Висновки за розділом 2	39
3. КОНТРОЛЬ СУДНОВИХ БАЛАСТНИХ ВОД І ОСАДІВ ТА УПРАВЛІННЯ НИМИ	40
3.1. Загальний стан проблеми глобального баласту	40
3.2. Всесвітня програма по обробці водяного баласту.....	43
3.3. Методи обробки баластної води.....	45
3.4. Способи зміни баласту	49
3.4.1. Переваги й недоліки послідовного способу	49

3.4.2. Переваги й недоліки способу прокачування	51
3.5. Проблема осадків у танках	51
3.6. Проблеми безпеки	52
3.7. Висновки за розділом 3	53
4. ОЗОНУВАННЯ МОРСЬКОГО БАЛАСТУ ЯК ЗАСІБ РОЗВ'ЯЗКУ ПРОБЛЕМИ СКИДАННЯ БАЛАСТНИХ ВОД.....	57
4.1. Фізичні принципи озонування баластних вод суден морського транспорту	57
4.2. Суднова система знешкодження баластних вод НК-ОЗ	59
4.3. Висновки за розділом 4	68
5. ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ СУДНОВОЇ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ УСТАНОВКИ.....	69
ВИСНОВКИ	75
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	79

ПЕРЕЛІК ПРИЙНЯТИХ СКОРОЧЕНЬ

ГД	–	головний двигун
ДД	–	допоміжний двигун
ККЕЕ	–	конструктивний коефіцієнт енергетичної ефективності
КУО	–	колоніє утворююча одиниця
ПУЕС	–	плану управління енергоефективністю судна
СЕУ	–	суднова енергетична установка
BWMP	–	Ballast Water Management Plan
BWT	–	Ballast Water Treatment
GBWMP	–	Global Ballast Water Management Programmer – GloBallast
ІМО	–	International Maritime Organization
MARPOL	–	Міжнародна конвенція по боротьбі із забрудненнями з суден
SEEMP	–	Ship Energy Efficiency Management Plan

ВСТУП

Проблема перенесення мікроорганізмів з баластної водою, що використовується під час експлуатації суден, звернула на себе особливу увагу ще у 80-х роках минулого століття. З цього часу міжнародне морське співтовариство – Міжнародна морська організація (ІМО) – активно займається розв'язанням цієї проблеми. З низки об'єктивних причин формування та впровадження міжнародного морського законодавства є процесом досить тривалим. Багато часу займає процедура розгляду та прийняття державами учасниками законодавчих актів, а крім того, розв'язання проблеми вимагало створення пристроїв для очищення та знезараження баластної води, що у свою чергу ґрунтувалося на початковому накопиченні певного досвіду [1].

У вищезазначеному процесі вимоги законодавства ставали дедалі суворішими. Перші рекомендації для розв'язання проблеми були прийняті у 1991 р. Потім ІМО розробляє Міжнародну конвенцію з контролю суднових баластних вод (BWMC), яка покликана регулювати перенесення мікроорганізмів у водному баласті; Конвенцію було прийнято 2004 р. В даний час законодавство у вищезазначеній області визначає необхідність застосування пристроїв (установок) для очищення та знезараження баластної води. У таких пристроях застосовуються різні технології переробки баластної води. Одні з них передбачають лише її очищення, інші – очищення та знезараження [2]. При цьому зниження кількості мікроорганізмів забезпечується у процесах очищення та/або знезараження. Під час забезпечення необхідної якості баласту, що скидається за борт, відмінність полягає в механізмах такого зниження, а також у застосовуваній технології та конструктивних особливостях установок. Очищення забезпечує видалення мікроорганізмів як частинок домішок, а при знезараженні ці організми гинуть, забезпечуючи необхідний ефект зміни якості баластної води.

Кожне судно, яке перевозить і скидає баластні води, може розглядатися як джерело потенційної небезпеки: 90 % холерних захворювань зумовлені саме перенесенням баластних вод. Інвазія чужорідних організмів морськими суднами вже призвела до численних економічних збитків та згубних впливів на природне середовище та здоров'я населення прибережних районів.

У 1992 році Конференція ООН з навколишнього середовища визнала цю проблему як серйозну міжнародну проблему і ІМО у 1997 році видала Резолюцію двох своїх комітетів: Комітету з безпеки на морі та комітету з Захисту морського середовища – «Керівництво з питань безпеки, що стосуються заміни море». Циркулярний лист не є обов'язковим до виконання, він має скоріше інформаційний характер. Тому в тому ж 1997 році було прийнято Резолюцію ІМО А.868(20) «Посібник з контролю та управління баластними операціями на суднах з метою зведення до мінімуму перенесення шкідливих водних організмів та патогенів», а в 2004 році ІМО ухвалила текст «Міжнародної Конвенції про контролі водного баласту та опадів суден та управління ними». Конвенція зобов'язує всі комерційні судна валовою місткістю від 400 і вище виконувати певні базові вимоги, які забезпечують під час скидання водного баласту мінімальну небезпеку запобіганням шкоди довкіллю та здоров'ю людини внаслідок перенесення шкідливих фіто- та біоорганізмів. Відповідно до Конвенції на судні має бути План керування водним баластом, в якому викладаються основні процедури, пов'язані з керуванням, видаленням опадів у морі, порту або сухому доці, процедури з координації керування водним баластом з владою прибережної держави або порту, у водах якого виконуються такі дії. На судні має вестись Журнал операцій з водним баластом, а судно та його відповідне баластне обладнання підлягає періодичним оглядам для отримання Міжнародного свідоцтва про управління водним баластом.

Відповідно до вимог Міжнародної конвенції по боротьбі із забрудненнями з суден MARPOL-73/78 щодо контролю та управління баластними водами та седиментами кожне судно має мати на борту

підготовлений «План з управління баластними водами» (Ballast Water Management Plan), а також мати і вести журнал реєстрації баластних вод. Положення В-4 в MARPOL-73/78 рекомендує заміну баластних вод проводити не ближче 200 морських миль до берега на глибині не менше 200 м, США та Канада – вимагають на глибину не менше 2000 м. В даний час Міжнародною морською організацією підготовлено Додаток VII до MARPOL-73/78, який відноситься до питання безпечного управління водним баластом на борту судна.

Існуючі в даний час методи управління баластом можна умовно поділити на три категорії:

- 1) послідовний та проточний способи заміни;
- 2) обробка на борту судна: механічна, фізична, хімічна, комбінована;
- 3) ізоляція.

Кожен із цих методів має свої позитивні та негативні сторони, і в майбутньому експерти припускають забезпечувати скидання баласту в берегові або плавучі ємності з подальшою їх обробкою. Під час заміни баласту в морі можливе виникнення небезпечних ситуацій, пов'язаних із порушенням стійкості судна або виникненням надмірної напруги в конструктивних елементах корпусу. Тому такі операції мають проводитися лише відповідно до рекомендацій відповідного класифікаційного товариства за дотримання певних умов щодо погоди, глибини моря, солоності.

Скидання баластних вод у морське середовище є потенційно небезпечним і гострота даною проблемою відображена в Конвенції ООН з морського права 1982 року. Стаття 196 цієї Конвенції рекомендує «вжити заходів для запобігання та збереження під контролем забруднення морського середовища внаслідок навмисного або випадкового введення організмів, чужих або нових для морського середовища, які можуть спричинити значні та шкідливі зміни».

В результаті аналізу та узагальнення науково-технічних та патентних матеріалів можна виділити такі способи обробки баластних вод – Ballast Water Treatment (BWT) – та їх нейтралізації:

- 1) високотемпературна деструкція;
- 2) ультрафіолетове оброблення;
- 3) обробка хлор містять сполуки;
- 4) ультразвукова обробка;
- 5) біологічна обробка;
- 6) фізико-хімічне оброблення;
- 7) комбінована обробка;
- 8) використання інертних газів.

Однак перелічені способи мають суттєві недоліки:

- низька ефективність, високі капіталовкладення та витрати енергоресурсів;
- повторне забруднення баластних вод; негативний вплив на екіпаж судна;
- низька питома продуктивність способів;
- вимога великих розмірів робочих виробничих площ та утворення побічних з'єднань.

Запобігання скиданню подібних мікроорганізмів та управління баластними водами під час експлуатації суден є важливим завданням. Саме знайденню шляхів його розв'язання присвячена дипломна робота.

1. АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ З РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАВДАННЯ ПОПЕРЕДЖЕННЯ ЗАБРУДНЕННЯ МОРСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА БАЛАСТНИМИ ВОДАМИ

1.1. Аналіз основних причин забруднення морського середовища баластними водами з суден морського та внутрішнього водного транспорту

Морські транспортні судна для збереження морських якостей і характеристик міцності періодично приймають водний баласт. Разом із баластною водою до суднових танків потрапляють морські організми, ікра, личинки, рослини, а також збудники небезпечних хвороб. Після скидання баласту в інших географічних районах морські організми і рослини, не зустрічаючи найчастіше природних ворогів, починають активно розмножуватися. Наслідки цього процесу у багатьох куточках світу руйнівні. Сторонні для цієї географічної зони біологічні види, що випускаються в морське середовище, призводять до порушення природної екологічної рівноваги, руйнування гідротехнічних споруд, створюють загрозу здоров'ю та життю людей і, зрештою, ведуть до екологічної катастрофи.

Потрапляння в морську екосистему чужорідних для даного регіону експансіоністських морських видів вважається однією з чотирьох (поряд із забрудненням води, надмірною експлуатацією морських ресурсів та руйнуванням морського хабітату) найнебезпечніших загроз Світовому океану. Операції скидання баластових вод вважаються потенційно небезпечними не лише Міжнародною морською організацією, а й Всесвітньою організацією охорони здоров'я. Завдані чужорідними морськими організмами збитки ліквідувати практично неможливо, принаймні на сьогодні науці невідомі досить ефективні та нешкідливі способи відновлення балансу морської екосистеми [1, 2].

Особливо гостра проблема перевезення морського баласту стає для окремих класів суден (насамперед газозовів, нафтоналивних та накатних). Ці судна один з рейсів виконують в повному вантажу, інший – в баласті, що призводить до змушеного перевезення баласту, при цьому кількість баластних, що транспортується цими судна, дуже велика (таблиця 1.1).

Таблиця 1.1. Кількість баластних вод на морських транспортних суднах

Клас судна	Частка баласту в дедвейту судна, %
Газовози	40...44
Нафтоналивні	36...38
Накатні (типу Ro-Ro тв. Lo-Ro)	35...38
Навалювальні та нафторудовози	32...33
Контейнеровози	27...32
Рефрижераторні	21...23
Суховантажні	24...26
Універсальні	19...22
Лісовози	18...21

Судна, що плавають під прапором країни, яка прийняла Конвенцію з управління судновими баластними водами, повинні мати на борту судна спеціальні системи очищення судового баласту, схвалені ІМО, за винятком суден, які використовують спосіб скидання баласту на відстані 200 миль від берега або приймальні споруди [3, 4].

Конвенція містить два основні стандарти: D-1 – стандарт, що регулює заміну баластних вод, та стандарт D-2 – стандарт, що регулює якість баластних вод. Країни, які виконують зобов'язання цієї Конвенції, повинні керуватися стандартами D-1 і D-2 як під час експлуатації, так і при будівництві нових суден.

Стандарт D-2 ІМО [5] передбачає, що баластна вода, що скидається, повинна містити:

- <math><10</math> життєздатних організмів розміром ≥ 50 мк на 1 м^3 ;
- <math><10</math> життєздатних організмів розміром <50 мк та ≥ 10 мк на 1 мл;
- індикаторні мікроби:

холерний вібріон – < 1 КУО (колоніє утворююча одиниця) в 100 мл або в 1 г зоопланктону;

кишкова паличка – < 250 КУО в 100 мл;

пневматоз кишечника – < 100 КУО в 100 мл.

В даний час законодавство у вищезазначеній області визначає необхідність застосування пристроїв (установок) для очищення та знезараження баластної води. У таких пристроях застосовуються різні технології переробки баластної води. Одні з них передбачають лише її очищення, інші – очищення та знезараження [6, 7]. При цьому зниження кількості мікроорганізмів забезпечується у процесах очищення та / або знезараження. При забезпеченні необхідної якості баласту, що скидається за борт, відмінність полягає в механізмах такого зниження, а також у застосовуваній технології та конструктивних особливостях установок. Очищення забезпечує видалення мікроорганізмів як частинок домішок, а при знезараженні ці організми гинуть, забезпечуючи необхідний ефект зміни якості баластної води.

1.2. Методи знезараження баластних вод суден морського та внутрішнього водного транспорту

Під час вибору способу для знезараження баластних вод необхідно дотримуватися основних вимог судовласника:

1) економічність та ефективність способу знезараження баластних вод [8, 9];

2) безпечну експлуатацію для персоналу судна та навколишнього середовища [10, 11].

Раніше основним способом захисту морського середовища від подібних забруднень була заміна баластних вод у нейтральних водах, перед заходом у порт, не менше 95 % обсягу старого баласту на новий. У результаті цей спосіб був визнаний ІМО неефективним задля запобігання перенесення інвазійних мікроорганізмів. На даний момент найбільш актуальним способом обробки води є очищення баластної води на борту судна з використанням механічних, фізичних та хімічних методів. Згідно з прийнятою Конвенцією, всі судна повинні мати на борту спеціалізовані системи очищення суднового баласту, крім суден, які спочатку не були сконструйовані для прийняття рідкого баласту. Це обладнання має бути сертифіковане та схвалено ІМО, класифікаційними товариствами та владою прапора. Тим не менш, виникає питання раціонального вибору судновласником відповідних систем обробки для суден, оскільки слід підібрати найбільш безпечну систему як для запобігання забрудненню моря, так і для безпеки судна і членів екіпажу [12].

Сучасні системи обробки суднового баласту є сукупністю різних технічних складових, що включають роботу кількох основних блоків: механічної фільтрації та дезінфекції (рис. 1.1).

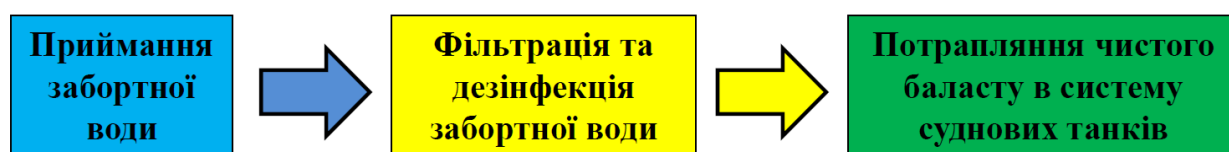


Рис. 1.1. Типова схема обробки баластних вод

Механічна фільтрація являє собою попереднє очищення за допомогою різних фільтрів та мультигідроциклонів, яка не дозволяє потрапляти та осідати в баластових танках морським організмам та рослинам. Пропускна здатність таких фільтрів зазвичай не перевищує 50 мкм. Аналіз систем

обробки баласту, схвалених ІМО, свідчить про те, що в комплексі механічної фільтрації переважною технологією очищення є використання фільтрів за рахунок їх швидкої роботи, розмірів та простоти їх експлуатації та заміни.

Наступним етапом обробки баластових вод є сегмент дезінфекції, що включає обробку баласту, який служить для остаточного знищення мікробів та вірусів, а також суперечка рослин за допомогою різних способів: обробки ультрафіолетом, електролізу, озонування, хлорування та бромовання. Така обробка поділяється на два основні методи: хімічний та фізичний – таблиця 1.2 [13, 14].

Таблиця 1.2. Методи обробки баластних вод

Методи обробки		
Механічні	Фізичні	Хімічні
Фільтрація	Обробка ультрафіолетом	Електрохлорування
Використання мульті гідроциклонів	Обробка ультразвуком	Обробка діоксидом хлору
	Електроліз	Обробка перексидом водню
	Озонування	Обробка гіпохлоритом натрію
	Нагрівання	Обробка хлорною кислотою

1.3. Аналіз основних методів обробки баластних вод на судах морського та внутрішнього водного транспорту

Зміну баласту проводити у відкритих водах (точніше над глибинами понад 50 м). Як правило, це райони за межами шельфу, де концентрація водних мешканців на кілька порядків нижча, ніж у прибережній зоні. Крім того, це райони з низьким розмаїттям біотопів, де могли б прижитися привезені організми. Відкриті води знаходяться на значній відстані від

берега, куди прямують привезені вселенці (в основному вони мешкають, харчуються і розмножуються в прибережній зоні), і чим більша ця відстань, тим вища ймовірність, що вселенці будуть з'їдені представниками аборигенної фауни (безхребетні, риби). Зміну баласту робити у світлий час доби. Вночі багато видів планктонних і бентосних організмів мігрують до водної поверхні, тому їх загальна концентрація та видова різноманітність виявляються суттєво вищими у приповерхневому шарі, де проводиться забір баластової води. Ризик інвазійного забруднення з баластовими водами морських суден також залежить від відстані до берегової лінії, на якій провадиться експлуатація судна і, відповідно, його баластування.

Більшість морських держав вже проводили дослідження щодо застосування різних методик обробки баластних вод у суднових умовах [15].

Аналіз результатів, отриманих щодо різних методик обробки баласту, показує, що з них немає досить ефективних і економічних. Так, наприклад, механічна обробка займає багато часу і не забезпечує видалення бактерій та мікроводоростей. Застосування хімікатів, як найдоступніший спосіб, саме собою тягне за собою ряд проблем: очевидний ризик для здоров'я екіпажу, корозія трубопроводів і насосів, забруднення морського середовища при скиданні баласту. Фізична дія ультрафіолетовими променями, ультразвуком, нагрівання баластної води також небезпечна для здоров'я екіпажу, може посилити корозію, при скиданні в акваторії порту – викликати термальне забруднення. Значно гальмує роботу відсутність міжнародного зразка стандарту водяного баласту, що містить представників організмів, тому всі методи перевірені на модельних штучних системах. В даний час більшість розвинених країн продовжують шукати вирішення проблеми знезараження водяного баласту в суднових умовах з метою запобігання біологічним інвазіям [16, 17].

Оскільки в даний час технічні рішення проблеми стерилізації баластних вод знаходяться у стадії розробки та апробації, практично єдиним способом

знизити ймовірність завезення інвазійних організмів є заміна баласту у встановлених районах Світового океану. Вибір районів та елементарні правила заміни баласту ґрунтуються на загальних закономірностях розподілу організмів у Світовому океані. Незважаючи на існування рекомендованих районів заміни баласту, найчастіше його заміну роблять безпосередньо в акваторії порту. Оцінка ризику біологічних інвазій дозволить регулювати скидання баласту в акваторії порту. При цьому суднам з «низьким ризиком» може бути дозволено скидання баласту безпосередньо в порту, а з «високим» – лише у рекомендованих районах або на станції очищення баластних вод (можливо, у майбутньому такі станції спеціально створять не тільки для збору нафтопродуктів).

В даний час використання технологій обробки хлором і ультрафіолетовим опромінення є найбільш поширеними серед виробників. Обробка хлором відбувається під час прийому баласту в систему проточним способом. Хлор на судні одержують внаслідок протікання процесу електролізу. Час згубної дії не перевищує чотирьох годин. При цьому даний спосіб хімічної обробки має такий істотний недолік, як поява корозії металу, що, у свою чергу, через високу концентрацію, може призвести до руйнування металевих танків баластної системи судна [18].

Ультрафіолетове опромінення використовується в більшості випадків з механічним способом обробки – фільтрацією. Після того як забортна вода пройшла перший ступінь очищення фільтрами, судновий баласт піддається ультрафіолетовому випромінюванню, внаслідок чого утворюються гідроксильні радикали, які остаточно вражають мікроорганізми, що залишилися після фільтрації [19]. Вражаюча дія даного способу діє тільки протягом процесу обробки, не чинячи руйнівного впливу на конструкції баластної системи судна.

Аналіз існуючих системи обробки баласту, схвалених ІМО, свідчить, що в комплексі механічної фільтрації переважаючою технологією очищення є

використання фільтрів за рахунок їх швидкої роботи, розмірів та простоти їх експлуатації та заміни. Також слід зазначити, що такі способи дезінфекції, як використання фізичного методу обробки ультрафіолетовими хвилями та озонування, а також хімічного методу хлорування, є в даний час найбільш затребуваними. Відсоткове співвідношення цих трьох технологій серед існуючих методів наведено на рис. 1.2.

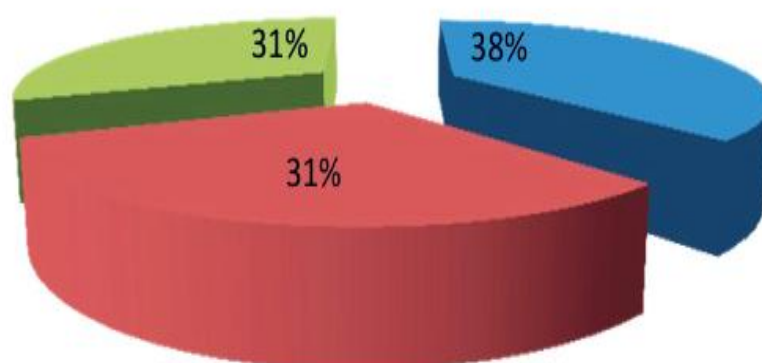


Рис.1.2. Процентне розподілення найбільш розповсюджених методів обробки баласту: синій – використання УФ-опромінення; червоний – обробка хлором; зелений – озонування

Основні системи очищення баластних вод та застосовувані в них технології обробки, а також виробники цих систем наведено в таблиці 1.3.

Фізичний метод обробки баластових вод ультрафіолетовим опроміненням використовуються в наступних розробках: "GloEn-Patrol™ Ballast", "Resource Ballast Technologies", "Desmi", "HydeMarine", "AquaTriComb".

Хімічний метод обробки баластових вод процесом хлорування використовується такими розробниками: Hyundai Heavy Industries, Blue Ocean Shield, Ecochlor; "OceanSaver"; "RWO".

Озонування баластних вод забезпечують системи, розроблені фірмами Pansia, Nordic, NK Company.

Таблиця 1.3. Системи очищення баластних вод та застосовані в них технології обробки

Назва установки	Країна виробник	Застосовувана технологія				Додатковий метод
		Центрифугування	Фільтрування	Знезараження		
Perclean Ocean (стаціонарна)	Німеччина	Гідроциклон	+	Перекис водню	-	
Electro-Clean	Корея	-	+	-	Електроліз	
Special Pipe Ballast Water System	Японія	-	+	Озонування	-	
EctoSys	Швеція	-	+	-	Електрохімічна обробка	
PureBallast System	Швеція	Ц/б сепаратор	+	Озонування	-	
NK Ballast Water Treatment System*	Корея	-	+	Озонування	-	
Hitachi Ballast Water Purification	Японія	-	+	-	Коагуляція + сепарація	
Resource Ballast Technologies	ΠΑΡ	-	+	УФВ	Кавітація	
GloEn-Patrol™ Ballast»	Корея	-	+	УФВ	-	
OceanSaver Ballast Water	Норвегія	-	+	Хлорування	Електроліз	
TG Ballastcleaner (стаціонарна)	Японія	-	+	Хлорування / фторування	Кавітація	

Закінчення таблиця 1.3

Назва установки	Країна виробник	Застосовувана технологія				Додатковий метод
		Центрифугування	Фільтрування	Знезараження		
Greenship Sedinox	Нідерланди	Мультициклон	-	-	Електроліз	
Ecochlor	США	-	+	Хлорування	Електроліз	
Blue Ocean Shield	Китай	-	+	Хлорування	-	
Hyundai Heavy Industries	Корея	-	+	Хлорування	Електроліз	
AquaTriComb	Німеччина	-	+	УФВ	-	
SEDNA	Німеччина	Гідроциклон	+	Біореагент	-	
Greenship Sedinox	Нідерланди	-	+	Озонування	-	
Hyde Marine	Німеччина		+	УФВ	-	
Desmi ocean guard	Фінляндія	-	+	УФВ	-	
Марінтех	Україна	-	+	УФВ	-	
RWO	Німеччина			Хлорування + бромування	Обробка у вихровому шарі	

В установці Hitachi ClearBallast System (виробник – Hitachi, Ltd., Японія) очищення заборотної води передбачає додавання до заборотної води при прийомі її в баластові ємності коагулянтів і магнітного порошку, які призначені для коагуляції зважених частинок, у тому числі і мікроорганізмів, з подальшим утворених агрегатів у магнітному та механічному фільтрах. При цьому технологія, що використовується, не передбачає знезараження, що може призводити до присутності в баластній воді мікроорганізмів, що скидається за борт [20-22].

Згідно з наведеними прикладами необхідна якість скидається за борт баластної води забезпечується під час видалення мікроорганізмів способами очищення або знезараження. Для цього в існуючих установках для очищення та знезараження баластної води найчастіше використовується фільтрування, ультрафіолетове опромінення, озонування та деякі інші способи. Іноді підвищення ефективності використання цих операцій додатково застосовується коагуляція [23, 24].

Необхідно відзначити, що існуючі в даний час установки здійснюють згадані процеси очищення та знезараження в момент прийому заборотної води як баласту або під час відкачуванні заборотної води за борт, коли виникає необхідність видалення баласту. Ця обставина вимагає забезпечення великої продуктивності роботи очисних та знезаражувальних пристроїв, що може негативно впливати на якість очищення та знезараження баластної води. Враховуючи, що на прийом баластування та дебаластування відводиться незначний час, фактор часу стає лімітуючим під час організації та здійснення всіх операцій із баластною водою [25, 26].

Аналіз технічних характеристик установок з оброки суднових баластних вод та знешкодження інвазійних організмів підтверджує, що їх продуктивність становить від кількох десятків кубічних метрів на годину до кількох тисяч. Для організації ефективних процесів очищення та знезараження за зазначених значеннях продуктивності потрібні великі обсяги

очисних пристроїв, які забезпечать в необхідний час, необхідний для організації процесів очищення або знезараження.

Одна з технологій очищення та знезараження баластової води наведена на рис. 1.3. Головною відмінністю запропонованої технології є видалення з основного обсягу баластної води за допомогою коагуляції та седиментації мікроорганізмами та формування осаду цієї суспензії.

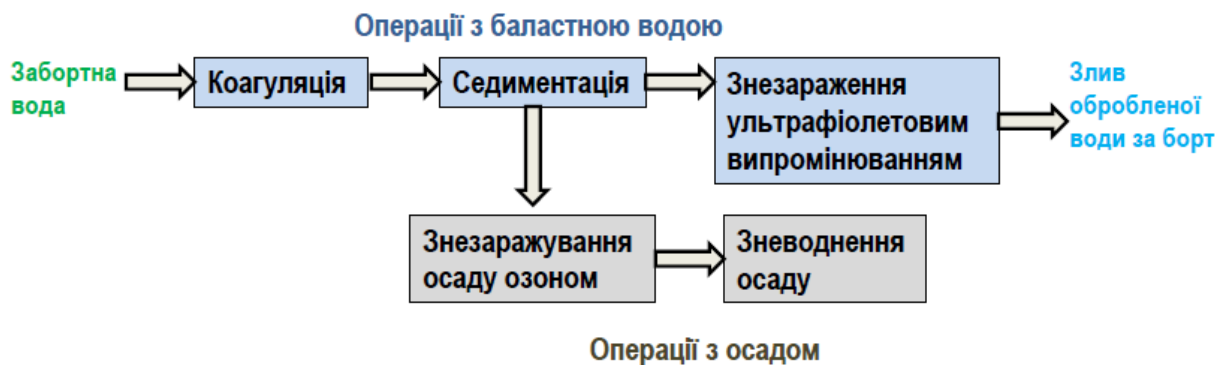


Рис. 1.3. Технологія очищення та знезараження баластної води

Поділ всього об'єму баластної води на два потоки (основний – це баластна вода 95...98 % від початкового об'єму та вищезгаданий осад 2...5 %) дозволяє усі подальші необхідні операції з цими потоками здійснювати окремо та незалежно один від одного. Видалення зваженої субстанції з баластної води седиментацією, інтенсифікованою коагуляцією забезпечує її очищення від мікроорганізмів. Очищений таким способом баласт додатково піддається знезараженню ультрафіолетовим опроміненням під час знаходження баласту в суднових танках, а не в потоці в момент прийому баласту або його відкачування за борт. Загалом використання цього часу є позитивною особливістю запропонованої технології. Така організація процесу очищення седиментацією та обробки ультрафіолетовим опроміненням створює найкращі умови для проведення процесу знезараження. Можливість та достатність застосування ультрафіолетового опромінення визначається двома наступними факторами. По-перше,

виділення зважених домішок знижує рівень бактеріологічної небезпеки баластової води рівня, який допускає ефективне застосування ультрафіолетового опромінення. По-друге, наявність достатнього часу для здійснення даної операції, тому що переходи з баластом здійснюються, як правило, протягом кількох діб і більше.

Осад накопичується в невеликому обсязі, що дозволяє ефективно знезаражувати його, використовуючи меншу кількість знезаражувачого реагенту, наприклад озону. Після знезараження осад представлятиме бактеріологічно безпечну суспензію, яку можна після зневоднення спалювати в судових печах для спалювання відходів або зберігати до подальшої передачі на спеціалізовані берегові приймальні пункти.

У процесі знезараження осаду, що характеризується великими значеннями солі-індексу, використовується озонування, що знайшло застосування у судовому природоохоронному устаткуванні [27]. Пропонована технологія реалізується за допомогою системи, принципова схема якої наведена на рис. 1.4.

Усі операції з очищення та знезараження баластової води здійснюються в статичних умовах, що підвищує їх ефективність.

При прийомі баласту забортна вода надходить у судову баластну ємність 1. У приймальний трубопровід 2 одночасно з реагентної ємності 3 насосом-дозатором 4 подається коагулянт. Такий спосіб подачі коагулянту забезпечує найкраще його перемішування з баластною водою. Зважені частинки, що знаходяться в баластній воді, які самі можуть представляти мікроорганізми або бути їх носіями, починають коагулювати, утворюючи більші агрегати, які починають відстоюватися, утворюючи осад [28].

Усі операції з очищення та знезараження баластової води здійснюються в статичних умовах, що підвищує їх ефективність.

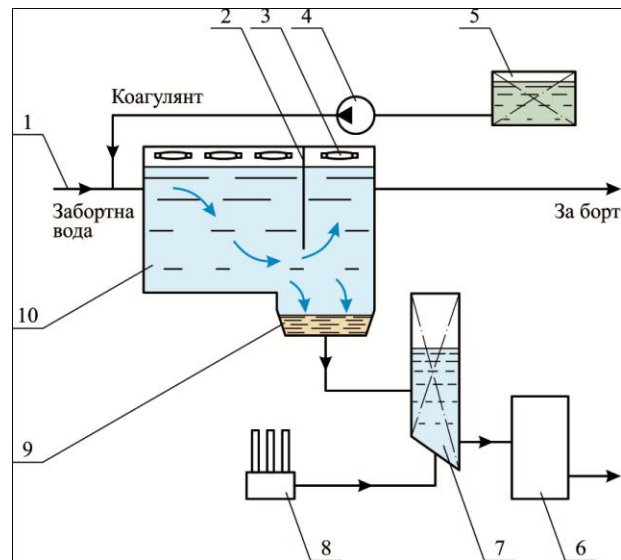


Рис. 1.4. Принципова схема установки для очищення та знезараження баластної води:

- 1 – приймальний трубопровід; 2 – перебирання; 3– ультрафіолетові лампи
 4 – насос-дозатор; 5 – ємність з реагентом; 6 – пристрій для зневоднення
 7 – контактна колона; 8 – генератор озону; 9 – збірник; 10 – суднова баластна ємність

При прийомі баласту забортна вода надходить у суднову баластну ємність 1. У приймальний трубопровід 2 одночасно з реагентної ємності 3 насосом-дозатором 4 подається коагулянт. Такий спосіб подачі коагулянту забезпечує найкраще його перемішування з баластною водою. Зважені частинки, що знаходяться в баластній воді, які самі можуть представляти мікроорганізми або бути їх носіями, починають коагулювати, утворюючи більші агрегати, які починають відстоюватися, утворюючи осад [28].

При коагуляції суспензії і подальшої її седиментації живі організми у вигляді осаду суспензії концентруються в невеликій частині об'єму баластної води і накопичуються в збірнику 5. При цьому наявність збірника не вимагає перебудови корпусу судна, оскільки такою збіркою може бути більш глибока частина похилого днища [29]. Більш ефективного відділення суспензії від основного обсягу баластної води сприяє перебирання 6, яка кріпиться до кришки баластної ємності і не доходить до її днища.

Таким чином, простий відстійник, яким одночасно є баластна ємність, перетворюється на каскадний. Зі збірки осад 5 направляється в контактну колону 7, куди одночасно подається озono-повітряна суміш від генератора озону 8. Застосування озону, що є одним з найсильніших окислювачів, забезпечує існуючі вимоги до якості води, яка скидається за борт [30]. У контактній колоні осад знезаражується, після чого надходить у пристрій зневоднення 9. Зневоднення може бути здійснено в прес-фільтрі або пристрої відцентрового типу [31]. Зневоднений осад прямує спалювання в судовому інсєнераторі [32].

Додатковий знезаражуючий ефект основного об'єму баласту забезпечується ультрафіолетовими лампами 10, встановленими у верхній частині ємності 1.

Найбільш помітно переваги пропонованих технологічних рішень проявляються під час їх використання судових установках, тому що умови їх експлуатації характеризуються значними обмеженнями у просторі та у часі. Дана технологія передбачає здійснення частини операцій (коагуляції, седиментації) та знезараження ультрафіолетовими лампами у самих баластових ємностях, що дозволяє значно економити простір судових приміщень. Розміщення пристроїв, що забезпечують знезараження та подальшу обробку осаду може бути виконано як в агрегатованому варіанті, так і у вигляді окремих пристроїв, розміщених у різних місцях судового простору.

Пристрій, що реалізує цю технологію, може бути розміщений не тільки на судні, але і на позасудових (плавучих або берегових) очисних спорудах. На берегових очисних спорудах можуть бути прийняті й інші компоновальні рішення, наприклад із застосуванням мобільного комплексу, на якому розміщено обладнання для знезараження осаду.

1.4. Висновки за розділом 1

Аналіз стану проблеми захисту морського середовища від мікроорганізмів, які можуть бути перенесені з баластною водою, дає змогу резюмувати таке.

Характер норм сучасного законодавства щодо стану та характеристик вод, які скидаються з морських суден за борт вимагає відсутності мікроорганізмів в баластній воді, що знаходиться в баластних танках судна. Це може бути забезпечено як процесами очищення, так і процесами знезараження. Застосування процесів очищення забезпечує вилучення мікроорганізмів з баластної води, проте вимагає подальшого їх знищення, наприклад, знезараженням за умови забезпечення стану, що вимагається Міжнародною конвенцією з управління судновими баластними водами та осадами.

Особливостями розв'язання проблеми забезпечення необхідної якості очищення та знезараження баластної води є великі обсяги баласту, що приймається на борт судна, і необхідність швидкого заповнення баластних танків.

Здійснення основних операцій у технології очищення та знезараження баласту має бути організовано під час його знаходженні в суднових баластних танках на протязі навігаційного переходу судна та транспортування баласту, тобто за умов наявності достатнього часу задля забезпечення ефективності здійснюваних процесів.

2. МЕТОДОЛОГІЯ НАУКОВОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Наукове пізнання

Наукове пізнання – це форма процесу пізнання, головною функцією якого є вироблення й теоретична систематизація об'єктивних знань про дійсність. Передусім у структурі наукового пізнання виокремлюються емпіричний і теоретичний рівні. У найбільш загальному розумінні емпіричне дослідження є знанням про явище, а теоретичне – про його сутність [33].

Емпіричне дослідження – це такий рівень наукового пізнання, зміст якого головним чином отримано з досвіду, із безпосередньої взаємодії людини з об'єктивною дійсністю. На емпіричному рівні здійснюється спостереження об'єктів, фіксуються факти, проводяться експерименти, встановлюються емпіричні співвідношення та закономірні зв'язки між окремими явищами.

Теоретичний рівень наукового пізнання є більш високим ступенем дослідження дійсності, де об'єкт постає з боку тих його зв'язків і відносин, які недоступні безпосередньому чуттєвому вивченню. На цьому рівні створюються системи знань, теорій, у яких розкриваються загальні та необхідні зв'язки, формулюються закони в їх системній єдності та цілісності.

Наукове пізнання виконує функції опису, пояснення, розуміння, передбачення.

Опис – функція наукового пізнання й етап наукового дослідження, що складається у фіксації даних експерименту за допомогою визначеної системи позначень. (Види опису: емпіричний опис, теоретичний опис)

Пояснення – виявляється в розкритті сутності об'єкта, який досліджується; воно здійснюється шляхом показу того, що об'єкт, який пояснюється, діє за визначеним законом.

Розуміння – властива свідомості форма освоєння дійсності, що означає розкриття і відтворення змісту предмета. У науці розуміння припускає використання спеціальних методологічних правил і постає як інтерпретація.

Передбачення – обґрунтоване припущення про майбутній стан явищ природи і суспільства або про явища, невідомі у даний час, але підлягають виявленню, заснованому на відкритих наукою законах розвитку природи і суспільства.

Прогнозування – один з видів передбачення, спеціальне дослідження перспектив деякого явища. Найчастіше використовуються такі методи прогнозування як екстраполяція, моделювання, експертиза, історична аналогія, прогнозні сценарії [34].

На емпіричному рівні використовуються такі методи як:

- спостереження – це планомірне і цілеспрямоване сприйняття предметів і явищ, їх властивостей і зв'язків в природних умовах з метою пізнання об'єкта, що досліджується;

- експеримент – це дослідження будь-яких явищ шляхом активного впливу на них за допомогою створення нових умов, відповідних меті дослідження, або шляхом зміни проходження процесу в певному напрямку; на відміну від простого спостереження, експеримент – це активне вторгнення дослідника в природні явища, в хід процесів, що вивчаються;

- опис – це зазначення ознак предмета (явища) як суттєвих, так і несуттєвих. Опис, як правило, застосовується відносно одиничних об'єктів для більш повного ознайомлення з ними;

- вимірювання – це певна система фіксації кількісних характеристик досліджуваного об'єкта за допомогою різноманітних вимірювальних приладів. За допомогою вимірювання визначається відношення однієї кількісної характеристики об'єкта до іншої, однорідної з нею, прийнятої за одиницю вимірювання.

Моделювання – це вивчення об'єкта шляхом створення та дослідження його копії (моделі), яка за своїми властивостями відтворює властивості об'єкта, що досліджується. Моделювання використовується тоді, коли безпосереднє вивчення об'єктів з деяких причин неможливе.. На сучасному етапі розвитку пізнання особливо велика роль відводиться комп'ютерному моделюванню.

Якщо говорити про форми емпіричного рівня наукового пізнання, то вони збігаються з формами теоретичного рівня,адже чіткої межі між ними не існує.

До числа форм наукового пізнання відносяться проблема, гіпотеза і теорія.

Проблема – це запитання чи їх комплекс, які виникають у процесі розвитку пізнання і вирішення яких має суттєвий практичний або теоретичний інтерес.

Гіпотеза – це різновид здогадки, припущення більш або менш обґрунтоване, але ще не підтверджене, не доведене повністю

Теорія – це система узагальненого знання, основних наукових ідей, законів і принципів, які відображають певну частину навколишнього світу, а також матеріальну і духовну діяльність людей. Теорія на відміну від гіпотези є знанням достовірним.

На етапі спостереження експертизі підлягають виявлені неочевидні факти дійсності. Експертиза ступеня вивченості цих фактів здійснюється за наступними ознаками: актуальності, наукової новизни, економічної доцільності й можливості реалізації. За результатами експертизи формується тема наукового дослідження, визначається об'єкт і предмет дослідження, передбачувана наукова новизна.

Об'єктом наукового дослідження є процес, явище. матеріальна або ідеальна система.

Предмет дослідження – це параметри внутрісистемної структури: властивості елементів, закономірності взаємодії між елементами усередині системи й поза неї. закономірності розвитку, властивості, якості та інші.

Для посилення цілеспрямованості дослідження уточнюються його мета й завдання.

Мета відбиває інтереси й запити верхніх системних ієрархічних рівнів, коли їхні ідеї є відбиттям актуальності наукового дослідження.

Головне завдання дослідження спрямоване на встановлення умов досягнення мети після одержання нових наукових результатів, що є наслідком рішення ряду допоміжних наукових завдань.

При постановці головного завдання дослідження виходять із необхідності доказу реальності передбачуваної наукової новизни.

Передбачувана наукова новизна представляє нову ідею, гіпотезу, закономірність або наукову тезу про шляхи досягнення поставленої мети.

Процес рішення головного завдання традиційно розділяється на ряд самостійних допоміжних завдань, результати рішення яких мають елементи наукової новизни. Наукові результати надалі використовуються при доказі передбачуваної наукової новизни дослідження.

Наукова ідея – це інтуїтивне, не базоване на аргументації, пояснення якогось явища або процесу, що враховує всю сукупність зв'язків, а також можливий шлях досягнення мети дослідження. Ідея базується на наявних знаннях, але розкриває не помічені раніше закономірності. Матеріалізується ідея в гіпотезі.

Гіпотеза є імовірнісне вірним судженням про причину, що викликає розглянутий наслідок. У випадку, якщо гіпотеза погоджується з наявними факторами, то вона перетворюється в закон або теорію. Підтвердженням правильності гіпотези є те, що вона не суперечить дійсності і є єдиною можливою для пояснень всієї сукупності розглянутих явищ. Одна гіпотеза

може бути замінена іншою у випадку, якщо нові фактори не можуть бути пояснені первинною гіпотезою, або їй суперечать.

Закон можна визначити, як внутрішній істотний зв'язок явищ і процесів, що спричиняє їхні атрибути й необхідний розвиток. Закон виражає стійкий зв'язок між явищами або властивостями об'єктів і предметом дослідження.

Закон може бути сформульований шляхом здогаду, однак потім він повинен бути логічно доведений, тільки в цьому випадку він визнається.

Для доказу законів використовуються істинні судження, з яких він логічно витікає. У деяких випадках рівною мірою можуть виявитися доказовими суперечливі судження. У такому випадку виникає науковий парадокс, що свідчить або про наявність помилок у логіці доказу або про неспроможність вихідних суджень.

На етапі апробації відбувається обговорення постановки, методології й результатів дослідження на різних рівнях: науково-технічних семінарах, конференціях, наукових радах, симпозіумах.

Підтвердження вимагають результати теоретичних досліджень шляхом проведення експерименту. Результати достовірних експериментальних досліджень підтвердження не вимагають.

Апробація – це безперервний процес публічного подання ходу наукового пізнання, починаючи від спостереження, дослідження, результатів, підтвердження і твердження.

Етап підтвердження припускає закінчення процедур апробації й публікації доказів і підтверджень у вигляді наукових положень і наукових результатів досліджень на підставі оцінки їхніх переваг і недоліків.

Одним із найважливіших елементів підтвердження є впровадження. Під ним розуміють імплементацію нових видів конструкцій, матеріалів, виробів, прогресивних технологій [35].

2.2. Методи дослідження проблем

Метод – це послідовність дії для досягнення якої-небудь мети, рішення конкретного завдання, сукупність прийомів або операцій практичного або теоретичного пізнання дійсності [36].

Методи умовно розділяють на: загальні, які діють у всіх галузях науки та на всіх етапах дослідження; загальнонаукові, які застосовання яких можливо для всіх наук; часткові, які використовуються певною групою наук; спеціальні – які застосовуються тільки для даної науки.

Такий розподіл методів умовний, тому що в міру розвитку пізнання науковий метод може переходити з однієї категорії в іншу.

До загальнонаукових методів відносять: спостереження, порівняння, рахунок, вимір, експеримент, узагальнення, абстрагування, формалізацію, аналіз і синтез, індукцію й дедукцію, аналогії, моделювання, ідеалізації, ранжирування. аксіоматичний. гіпотетичний. логічний. евристичний, історичний й системний методи.

Знання методології дозволяє вибрати найбільш доцільні методи дослідження конкретних проблем. Застосовувані методи наукового пізнання розділяють на чотири рівні: емпіричний, експериментально-теоретичний, теоретичний і мета-теоретичний.

Методи емпіричного рівня: спостереження, порівняння, розрахунок, вимір, «метод проб і помилок» і т. і. Ці методи пов'язані з конкретними досліджуваними явищами й використовуються на етапі формування наукової гіпотези.

Методи експериментально-теоретичного рівня: експеримент, аналіз і синтез, індукція й дедукція, ідентифікація і моделювання, гіпотетичний і логічний методи. Ці методи дозволяють дослідникові виявити безсумнівні факти й об'єктивні прояви в перебігу досліджуваних процесів. З їхньою

допомогою здійснюється нагромадження факторів й їхня перевірка. Необхідно пам'ятати, що факти мають науково-пізнавальну цінність тільки у випадку, якщо вони систематизовані, між ними виявлені не випадкові залежності, визначені причинно-наслідкові зв'язки. Таким чином, виявлення істини вимагає не тільки збору факторів, але і їхньої правильної теоретичної обробки.

Методи теоретичного рівня: абстрагування, ідеалізація, формалізація, аналіз і синтез, індукція й дедукція, аксіоматика, узагальнення й т.д. На теоретичному рівні виробляються логічні дослідження зібраних фактів, вироблення понять, суджень й умовиводів. На теоретичному рівні наукове мислення переходить від емпіричної відносності до теоретичних узагальнень. Новий теоретичний зміст знань як би надбудовується над емпіричними знаннями.

На теоретичному рівні часто використовуються логічні методи подібності, розходження, супровідних змін, вирішуються завдання узгодження теоретично розроблених систем з накопиченим експериментальним матеріалом.

Методи мета-теоретичного рівня служать для дослідження самих теорій і розробки шляхів їхньої побудови.

Основним завданням цього рівня пізнання є пізнання умов формалізації наукових теорій і вироблення формалізованих мов, які названі метамовами.

До методів мета-теоретичного рівня належить системний аналіз, що одержав широке застосування в різних сферах наукової діяльності при вивченні складних, взаємозалежних систем або проблем.

В основі системного аналізу лежить безліч об'єктів (компонентів), що мають певні властивості й взаємодіючих один з одним. На базі цього поняття виробляється облік зв'язків, порівняння можливих варіантів з метою вибору найкращого рішення, що оцінюється за яким-небудь критерієм.

Аналіз – це метод, що є однією з основ будь-якого аналітичного дослідження й полягає в розчленуванні або розкладанні предметів дослідження на складові частини для вивчення їхніх якостей і властивостей.

Синтез – метод з'єднання окремих сторін предмета дослідження в єдине ціле.

Експеримент – практичні дії, що ставлять за свою мету перевірку істинності висунутих гіпотез і виявлення закономірностей. У ході експерименту дослідник втручається в досліджуваний процес, впливаючи на його протікання, підсилюючи деякі фактори. Однією з найважливіших вимог до експерименту є його підтвердження.

Узагальнення полягає у визначенні загального для розглянутих об'єктів або процесів поняття, що характеризує їхній стан або поведіння. Узагальнення є методом, який використовується при формуванні закономірностей, теорій, законів [37].

2.3. Етапи науково-дослідної роботи

Після вибору теми проводиться інформаційний пошук.

Інформаційний пошук – процес пошуку в множині джерел, присвячених розглянутій темі, відповідних наукових фактів й відомостей. Величезні потоки інформації ускладнюють проведення інформаційного пошуку при глибокому вивченні розглянутої теми. Знайти нове, вдале, наукове при вивченні конкретної теми досить складне завдання, особливо з урахуванням того, що відсутні універсальні методи визначення таких якісних категорій інформації, як змістовність, інформативність, цінність й ін. Однак, є ряд загальних закономірностей динаміки зміни категорій цього роду, знання яких

дозволяє більш ефективно використати інформацію при наукових дослідженнях.

Інформація має властивість «старіти». Під цим розуміється появи нової інформації, або зменшення потреби в даній інформації. За даними аналізу, заснованого на віці цитованих джерел, інтенсивність падіння цінності інформації становить приблизно 10 % на місяць для періодичних видань й 10 % у рік для книг. У середньому можна вважати, що корисна дія наукової інформації закінчується через 10 років після її опублікування.

З урахуванням широкого використання можливостей Інтернету бібліотеками й іншими установами, що вирішують завдання збору, зберігання й систематизації інформації, створення, так званих «банків» й «баз» даних, ефективним інструментом інформаційного пошуку стали різні пошукові системи Інтернету. Під базами або банками даних розуміють нагромадження й зберігання більших інформаційних масивів з можливістю їхньої оперативної переробки в інформаційні продукти, відповідно до запитів споживачів інформації.

Науковий результат дослідницької роботи де раніше невідоме кількісне співвідношення, аналітична залежність, новий технологічний процес або матеріал.

Кожне наукове положення повинне бути чітко сформульоване з виділенням його основної сутності й рівня досягнутої при цьому новизни. Не можна викладати наукове положення у вигляді анотації, констатації того, що зроблено, тому що в цьому випадку важко виявити сутність і новизну.

Пристаюючи до наукового пошуку доцільно розробити технологічну карту дослідження.

Технологія наукових досліджень – це сукупність знань про зміст процесів дослідження й методики їхнього виконання. Графічне зображення цієї технології називається технологічною картою або схемою дослідження [34].

2.4. Технологічна карта наукового дослідження

На підставі викладеного, складаємо технологічну карту дослідження (рис. 2.1). З урахуванням теми магістерської роботи – «Забезпечення міжнародних вимог під час проведення баластних операцій на судах морського транспорту», сформульовані:

мета дослідження – забезпечення міжнародних вимог щодо необхідного вмісту інвазійних елементів в суднових баластних водах;

наукова гіпотеза – забезпечення міжнародних вимог щодо необхідного вмісту інвазійних елементів в суднових баластних водах досягається шляхом їх фізичної обробки озонуванням.

Для досягнення мети і підтвердження наукової гіпотези під час дослідження розв'язувалися такі завдання.

Головним завданням дослідження є вибір методу обробці баластних вод, що гарантує виконання вимог «Міжнародної Конвенції по контролю водного баласту та опадів суден та управління ними».

Розв'язання головного завдання здійснюється за допомогою наступних **допоміжних завдань**:

1) аналіз механізму потрапляння інвазійних елементів в прибережні акваторії;

2) аналіз методів, що сприятимуть зниженню концентрації емісії інвазійних елементів в суднових баластних водах;

3) визначення оптимальних режимів використання системи озонування суднових баластних вод.

Об'єкт дослідження – процес транспортування баластних вод суднами морського та внутрішнього водного транспорту.

Предмет дослідження – процес знешкодження інвазійних елементів в суднових баластних водах.

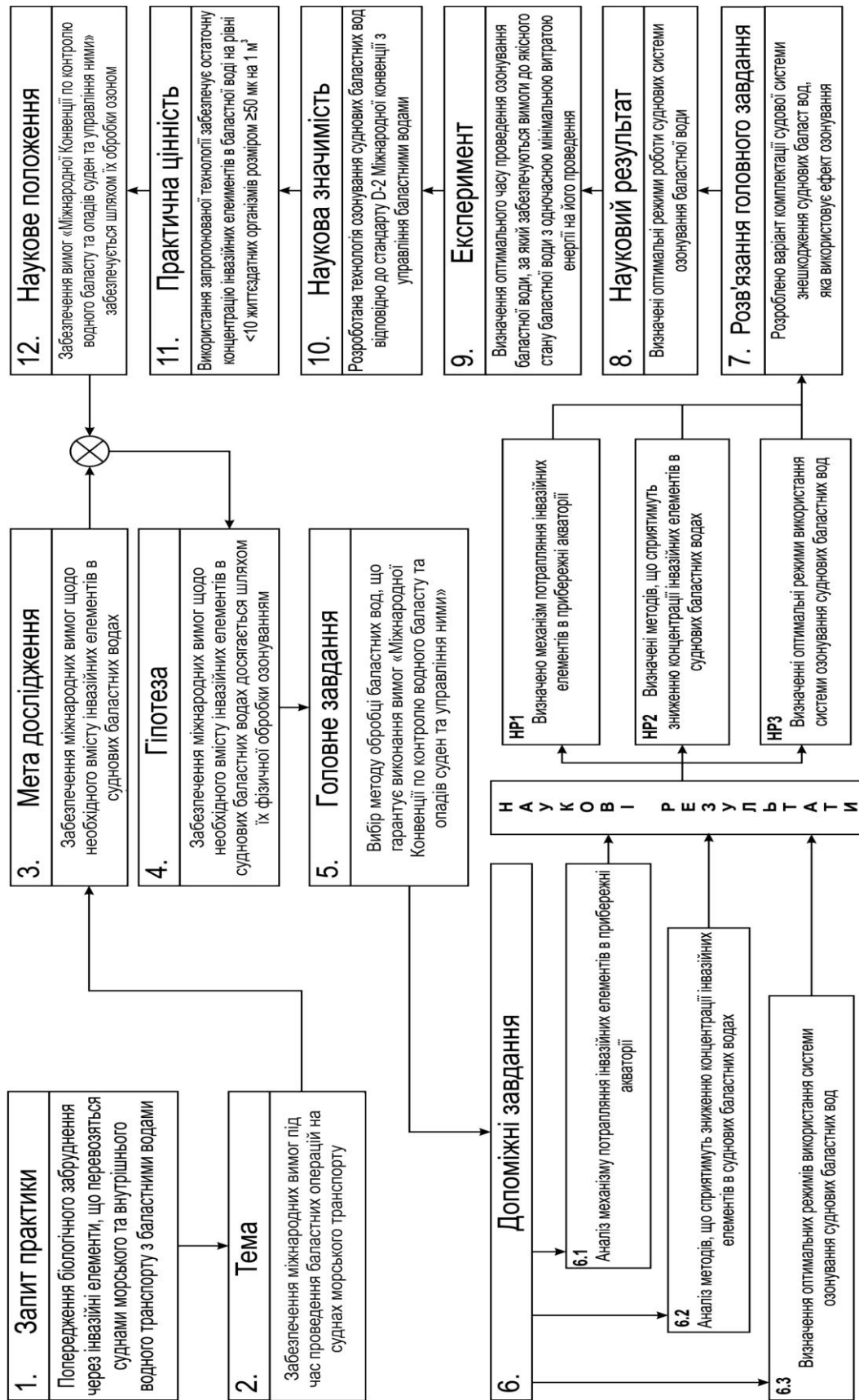


Рис. 2.1. Технологічна карта наукового дослідження

2.5. Висновки за розділом 2

В результаті виконання розділу визначена мета, гіпотеза, головне та допоміжні завдання дослідження.

Як мета дослідження прийнято забезпечення міжнародних вимог щодо необхідного вмісту інвазійних елементів в суднових баластних водах

За наукову гіпотезу запропонована теза, що забезпечення міжнародних вимог щодо необхідного вмісту інвазійних елементів в суднових баластних водах досягається шляхом їх фізичної обробки озонуванням.

Визначено об'єкт та предмет дослідження, яким є процеси процес транспортування баластних вод суднами морського та внутрішнього водного транспорту та процес знешкодження інвазійних елементів в суднових баластних водах.

З урахуванням принципів системного підходу розроблена технологічна карта наукового дослідження.

3. КОНТРОЛЬ ТА РЕГУЛЮВАННЯ СТАНУ СУДНОВИХ БАЛАСТНИХ ВОД І ОСАДІВ ТА УПРАВЛІННЯ НИМИ

3.1. Загальний стан проблеми глобального баласту

Як було визначено в розділі 1, технологія перевезення вантажів суднами морського та внутрішнього водного транспорту передбачає наявність на борті судна певної кількості заборотної води, яка необхідна для того, щоб при відсутності на борті вантажу, забезпечити остійність судна і його осадку, а також достатнє заглиблення гвинта та керма судна, необхідне для ефективного їхнього використання. У такий спосіб досягається забезпечення керованості судна і його безпеки [38].

У забортній воді, що потрапляє до баластних танків суден морського та внутрішнього водного транспорту, знаходяться різні живі істоти – від бактерій і дрібних водоростей до молюсків, медуз і навіть невеликих риб, тобто все, що може проникнути на судно через забірники баластної води й насосну систему. Крім того, у забортній воді, використовуваної як баласт, можуть утримуватися шкідливі для людини або природного середовища водні організми. Ці живі істоти попадають на борт судна в порту вивантаження, подорожують разом із судном на багато тисяч морських миль і скидаються за борт у порту навантаження. Скидання баласту, що містить чужорідні для даного району організми, може завдати шкоди рибальству, місцевим коралам, аквакультурним фермам і іншим сферам діяльності, і навіть стати причиною виникнення інфекцій. Слід зазначити, що шкідливими можуть бути в даних обставинах не тільки збудники інфекцій або, наприклад, хижі риби, але й цілком мирні у своєму нормальному середовищі проживання істоти. Схема переміщення живих організмів з баластними водами суден морського транспорту показана на рис. 3.1.

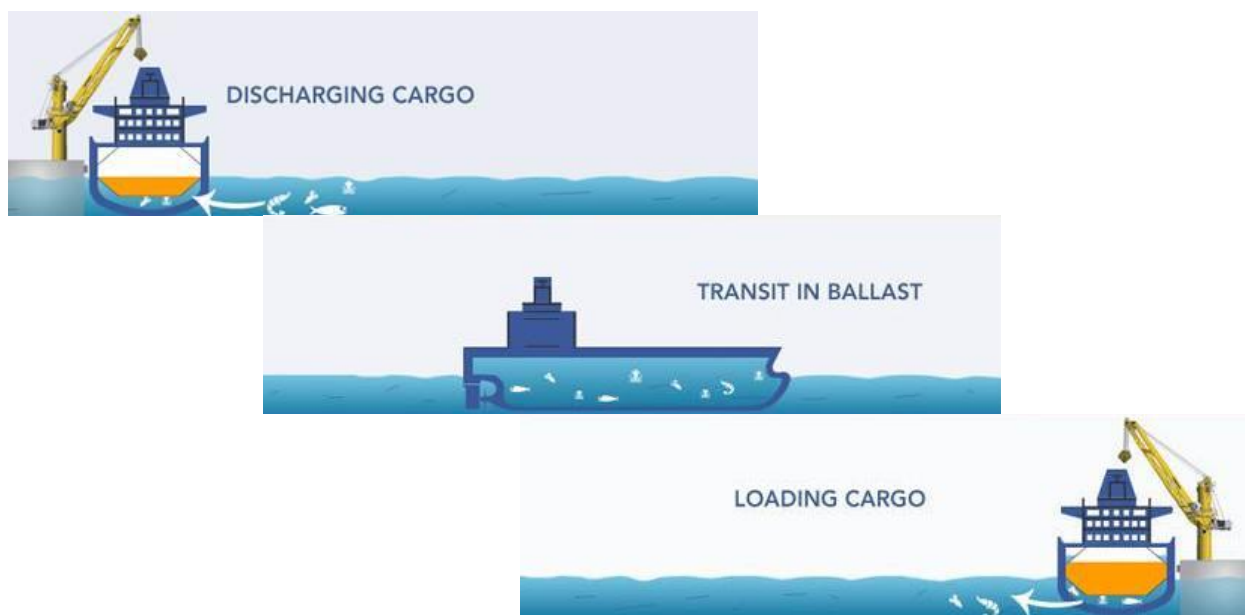


Рис. 3.1. Схема переміщення живих організмів з баластними водами суден морського транспорту

Стрімко зростаюча інтенсивність морського судноплавства за останні десять років загострила цю проблему до межі – тільки у водах США щорічно скидається 57 мільйонів тонн баластної води. Скидання баласту, як правило, не помітний зору, його важко виявити без застосування спеціальних досліджень (у відмінність, скажемо, від скидання вод, що містять нафту), однак наслідки можуть бути навіть незмірно більш катастрофічними. Справа в тому, що розлив нафтопродуктів, як уже було сказано, досить легко помітити, і цілком можливо ліквідувати, хоча це й вимагає більших матеріальних витрат [39-41].

Це всілякі заходи щодо збору нафтопродуктів з водної поверхні, очищенню узбережжя, надання допомоги морською тваринам і птахам і т.п. – робота дуже трудомістка, але цілком здійсненна. Збиток же, нанесений чужорідними морськими організмами новому середовищу проживання відбувається через порушення природного балансу морської екосистеми, що загрожує найчастіше повним вимиранням яких-небудь місцевих видів флори й фауни. Це відбувається внаслідок того, що чужорідні організми, як правило, не мають у новому середовищі проживання природних

супротивників, які підтримують баланс екосистеми, у результаті чого відбувається інтенсивне розмноження таких «прибульців» і гноблення ними місцевих форм життя. Таким чином, можна зробити невтішний висновок про те, що нанесений чужорідними морськими організмами збиток ліквідувати практично неможливо, принаймні на сьогоднішній день науці невідомі досить ефективні й нешкідливі способи відновлення балансу морської екосистеми.

Для танкерів об'єм прийнятої на борт баластної води може досягати до 85% обсягу всіх вантажних приміщень судна.

Таким чином, збільшення розмірів суден, швидкості й частоти рейсів приводить до необхідності більш частого баластування суден, а також до збільшення обсягів прийнятого баласту (щорічно переміщається близько 10 мільярдів тонн баластної води). Це, у свою чергу, приводить до збільшення ймовірності забруднення прибережних вод баластом, що скидається. Збиток, нанесений чужорідними морськими організмами новому середовищу проживання відбувається через порушення природного балансу морської екосистеми, що загрожує найчастіше повним вимиранням яких-небудь місцевих видів флори й фауни. Це відбувається внаслідок того, що чужорідні організми, як правило, не мають у новому середовищі проживання природних супротивників, які підтримують баланс екосистеми, у результаті чого відбувається інтенсивне розмноження таких «прибульців» і гноблення ними місцевих форм життя. Таким чином, можна зробити невтішний висновок про те, що нанесений чужорідними морськими організмами збиток ліквідувати практично неможливо, принаймні на сьогоднішній день науці невідомі досить ефективні й нешкідливі способи відновлення балансу морської екосистеми [42].

Таким чином, можна зробити висновок про необхідність вживання серйозних заходів для попередження неприємних наслідків зараження прибережних вод.

3.2. Всесвітня програма по обробці водяного баласту

Боротьба з переносом водних організмів з водяним баластом є великим і важким завданням навіть для розвинених країн, тим більше вона є складною для країн, що розбудовуються, оскільки вимагає в першу чергу більших фінансових витрат. Для організації допомоги країнам, що розвиваються в розв'язку питань, пов'язаних з водяним баластом, була створена спеціальна Всесвітня програма по обробці баластної води (Global Ballast Water Management Programmer – Globallast). З метою здійснення цих завдань в усьому світі створено шість центрів по вивченню й розв'язку цієї проблеми:

- Далянь (Китай) – Східна Азія;
- Мумбаї (Індія) – Південна Азія;
- Острів Харг (Іран) – Близький Схід;
- Кейптаун (Південна Африка) – Африка;
- Одеса (Україна) – Східна Європа;
- Сепитиба (Бразилія) – Південна Америка [43].

У майбутньому, у випадку успішної роботи цих центрів, планується розширити їхню мережа й створити подібні центри в кожному регіоні.

Фінансування програми здійснюється через спеціальний фонд – GEF (The Global Environmental Facility), який був створений для здійснення різних міжнародних програм в області захисту навколишнього середовища (боротьба з руйнуванням озонового шару, глобальним потеплінням, забрудненням моря й т.і.). Керівництво цим фондом здійснюється Світовим банком, і програмами Організації Об'єднаних Націй (ООН): Програмою Розвитку й Програмою охорони природного середовища [44].

Програма технічної допомоги ІМО Globallast дозволить надавати таку допомогу менш розвиненим країнам для виконання вимог ІМО відносно водяного баласту. Її мети зводяться до наступного:

- допомога країнам, що розвивається в зменшенні ймовірності переносу небажаних водних організмів з водяним баластом;

- сприяння тем країнам, які вже заявили про добровільне дотримання положень ІМО про обробку водяного баласту, збільшення кількості таких країн;

- допомога таким країнам після набрання чинності обов'язковими вимогами ІМО.

Всесвітня програма по обробці водяного баласту проводиться під егідою ООН, її безпосереднє здійснення покладене на ІМО. Для досягнення перерахованих цілей ІМО через згадані регіональні центри проводить ряд певних заходів, до них ставляться:

- координація здійснення програми й керівництво її виконанням;
- зв'язок, навчання й повідомлення;
- оцінка ризику;
- заходу щодо керування водяним баластом;
- відповідність, уведення в дію й моніторинг програми;
- допомога в розробці й уведенні в дію національного законодавства по даному питанню;
- регіональне співробітництво й розширення зони дії програми;
- ресурси й фінансування.

Особливо важливим фактором при здійсненні даної програми є налагодження міжнародного співробітництва по цій проблемі. Це можливо тільки шляхом уведення загальноприйнятих міжнародних стандартів, оскільки введення якими-небудь країнами однобічних заходів може зірвати виконання даної програми. От чому стільки уваги приділяється обміну інформацією із проблеми водяного баласту між країнами – членами ІМО.

3.3. Методи обробки баластної води

Оскільки баластування суден є в цей час невід'ємною частиною морських перевезень і уникнути цього процесу неможливо, те основним шляхом припинення поширення небажаних мікроорганізмів є запобігання їх скидання із суден у портах. Відповідно до опублікованих останнім часом Записками Американського Бюро Судноплавства, присвяченим процедурам зміни баласту, існує п'ять методів обробки баластної води для мінімізації ризику скидання небажаних організмів, причому кожний з них має свої недоліки [45-47].

Під час вибору методу обробки баласту завжди слід пам'ятати, що він повинен відповідати наступним критеріям:

- він повинен бути безпечним;
- він не повинен завдавати шкоди навколишньому середовищу;
- він повинен бути економічним;
- він повинен бути ефективним.

Перший метод – виключення скидання баласту взагалі. Це самий надійний спосіб, він застосовується в тих випадках, якщо скидання баластних вод заборонений повністю. Зрозуміло, що цей спосіб не дуже практичний.

Другий шлях – зменшення концентрації морських організмів, що втримуються в прийнятому на борт водяному баласті. Це може бути досягнуте шляхом обмеження кількості прийнятого водяного баласту, а також шляхом вибору місць приймання баласту (не слід ухвалювати баласт на малих глибинах, 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 борті судна. Уже розроблені певні технології цього процесу, рекомендовані Керівництвом ІМО по обробці баласту. Така обробка може здійснюватися такими способами:

Уже розроблені певні технології цього процесу, рекомендовані Керівництвом ІМО по обробці баласту. Така обробка може здійснюватися різними способами:

- фізичний – нагрівання, обробка ультразвуком, ультрафіолетовим випромінюванням, магнітним полем, іонізація сріблом і т.п.;
- механічний – фільтрування, внесення змін у конструкцію судна, застосування спеціальних покриттів танків і т.п.;
- хімічний – озонування, видалення кисню, хлорування, застосування біологічних реагентів і т.п.;
- біологічний – додавання в баластову воду хижих або паразитних організмів з метою знищити шкідливі мікроорганізми [48-50].

У більшості морських держав миру проводилися дослідження із застосування різних методик обробки баластних вод у суднових умовах. У період з 2015 р. по 2020 р. проведені дослідження різних методів обробки баласту, при цьому в якості оптимальних рекомендовані наступні:

- шляхом заміни баласту – в Австралії, Великобританії, Новій Зеландії;
- шляхом сепарування баласту – у Німеччині, Канаді, Норвегії, США;
- шляхом фільтрування баласту – в Австралії, Великобританії, Німеччині, США, Сінгапурі;
- шляхом нагрівання баласту – в Австралії, Великобританії, Новій Зеландії, Польщі, Японії;
- шляхом озонування баласту – в Австралії, Норвегії, США, Сінгапурі;
- шляхом ультрафіолетового опромінення баласту – в Австралії, Великобританії, Німеччині, Канаді, Норвегії, США, Сінгапурі;
- шляхом обробки баласту біоцидами – в Австралії, Німеччині, США.

Аналіз результатів, отриманих при дослідженні різних методик обробки баласту, показує, що серед перерахованих способів немає досить ефективних і економічних.

Так, наприклад, механічна обробка шляхом сепарування або фільтрування займає багато часу й не забезпечує відділення мікроорганізмів, крім того, є необхідність видалення осадків, що утворюються в результаті фільтрування.

Застосування хімікатів (самий доступний поки спосіб) саме по собі тягне ряд проблем: це очевидний ризик для здоров'я екіпажа, неминуча корозія баластних трубопроводів, насосів, покриттів танків і інших частин баластної системи, а також забруднення цими хімікатами морського середовища в результаті їх скидання з баластом.

Фізичний вплив ультрафіолетовими променями, ультразвуком, нагрівання баластної води несе великий ризик для здоров'я екіпажа, може викликати ефект корозії, а у випадку скидання гарячої води – ушкодити місцеву морську екосистему. Крім того, використання фізичного впливу не дає стовідсоткову гарантію знищення патогенних мікроорганізмів.

Значним гальмом у роботі є відсутність міжнародного зразка стандарту водяного баласту, що містить представників організмів. Тому всі методи перевірені на модельних штучних системах, а не на реальному стоці.

При виборі методу обробки баластних вод необхідно виходити з того, що створена на основі обраного методу установка повинна бути:

- ефективної;
- безпечної для судна й екіпажа;
- сумісної з іншими судновими установками й судном у цілому;
- екологічно придатної;
- при скиданні стоків у водний об'єкт повинне бути мінімальний негативний вплив на навколишнє середовище.

Четвертий метод – берегова обробка – на думку Американського Бюро Судноплавства має ряд переваг. Однак необхідно врахувати, що багато суден не мають можливості здавати водяний баласт на берегові прийомні спорудження. Що стосується портів, те далеко не все з них можуть надати судну відповідні прийомні спорудження. При цьому мало імовірно, що найближчим часом порти почнуть будувати прийомне встаткування для водяного баласту, маючи ще багато не вирішених проблем із прийомним устаткуванням, необхідним правилами Конвенції МАРПОЛ.

Існує також ідея повернення баластної води в той порт, де вона була прийнята на борт. Зрозуміло, серйозно про це говорити не доводиться, крім, можливо, застосування на пасажирських суднах, де (поки теоретично) такий варіант можна розглянути.

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

Інші методи. Існують і інші методи розв'язку проблеми. До них ставляться:

- сертифікація чистого баласту – полягає в одержанні судном лабораторного сертифіката в порту приймання баласту. У такому сертифікаті повинне оговорюватися, що в судовому баласті відсутні водні організми, які можуть бути небезпечні в порту скидання. Очевидно, що не може бути досить ефективним;

- збереження баласту на судні протягом тривалого часу – у воді, яка перебуває в судових танках більш 100 доби практично всі водні організми гинуть через відсутність світла й високого змісту заліза у воді. Однак абсолютна більшість суден не має можливості зберігати баласт на борті протягом більш ніж трьох місяців;

- електролітичне генерування іонів міді й срібла – метод досить ефективний, однак деякі організми можуть адаптуватися до впливу іонів міді

й срібла, крім того вплив високої концентрації цих речовин на природне середовище ще недостатньо вивчене.

Аналізуючи наведені п'ять основних методів, можна зробити висновок, що для суден, що перебувають в експлуатації, що й не мають штатного встаткування по додатковій обробці баластних вод, практично застосовними й ефективними є в цей час тільки другий і п'ятий методи. Другий метод, безумовно, найбільш простий і логічний, а з погляду гарної морської практики його необхідно застосовувати у всіх випадках планованого приймання баласту. Однак він не дає гарантованих 100 % результатів. Тому застосовувати його потрібно тільки в комбінації з іншими методами [51-53].

3.4. Способи зміни баласту

У видаваних Американською палатою судноплавства повідомленнях пояснюється, що існує два способи зміни баласту в морі: послідовний спосіб і спосіб прокачування. При зміні баласту на глибокій воді, удалині від прибережного шельфу й усть рік, де присутні живі істоти, обоє способу однаково ефективні (приблизно 95 %) для усунення водних організмів. Однак, обоє способу містять у собі також і певний ризик для судна. Крім того, цифра 95 % досить умовна й підлягає подальшому уточненню.

3.4.1. Переваги й недоліки послідовного способу

Послідовний метод містить у собі повне спорожнювання баластних танків по черзі з наступним заповненням їх водою відкритого океану.

Послідовна зміна баласту може тривати у відкритому океані в межах від половини доби до двох доби при гарному стані погоди. Звичайно, при серйозному погіршенні погодних умов, послідовна зміна баласту може бути перервана. Вона може бути знову відновлена при поліпшенні погоди, однак це вимагає додаткових витрат часу. Відомо, що середня тривалість шторму з висотою хвиль більш 7,5 м становить 7 годин, на підставі цього фахівцями Американського Бюро Судноплавства був зроблений висновок про те, що на винятково коротких переходах існує ризик не встигнути завершити повну зміну баласту послідовним способом.

На підставі цих досліджень Американським Бюро Судноплавства були підготовлені Рекомендації зі зміни баласту послідовним способом. У цих Рекомендаціях приводиться ряд варіантів зміни баласту даним способом, розроблених для танкерів і балкерів різних конструкцій. Контейнеровози не розглядаються в них, через те, що ці судна рідко роблять переходи в чисто баластовому варіанті завантаження, маючи за час рейсу багато портів навантаження й вивантаження.

Для того, щоб ризик для судна й екіпажа був мінімальним, повинна дотримуватися точна послідовність спорожнювання одних певних танків при заповненні інших. Для визначення цієї послідовності повинен бути виконаний ряд математичних розрахунків.

Звичайно, ці рекомендації не є універсальним розв'язком проблеми. У першу чергу повинен бути врахований конкретний тип судна – чи має судно подвійний або одинарний корпус, чи є воно танкером, балкером або контейнеровозом, не говорячи про покриття й конструкції баластних танків – усі ці фактори є визначальними.

3.4.2. Переваги й недоліки способу прокачування

Альтернативою послідовному способу є спосіб прокачування, що полягає в нагнітанні води відкритого океану в повні баластові танки. Для досягнення 95 % ефективності видалення водних організмів необхідно прокачати через танк кількість води, приблизно в три рази перевищуюче обсяг танка. Цей спосіб не змінює характеристик остійності, міцності й посадки судна [48].

Однак існує ряд проблем, зв'язаних і із цим способом зміни баласту. Відповідно до даних Американського Бюро Судноплавства, при його застосуванні повинні бути вжиті заходи для запобігання перепресування танків – а якщо ні, то можливі досить неприємні наслідки аж до ушкодження конструкції танків.

Спосіб прокачування небезпечно застосовувати на старих суднах, де існує серйозний ризик ушкодження баластних трубопроводів і іншого встаткування баластної системи в результаті нагнітання забортної води під більшим тиском.

Ще на двох проблемах, що виникають при зміні баласту, слід зупинитися більш докладно.

3.5. Проблема осадків у танках

Необхідно відзначити, що хоча існуючі вимоги й допускають інші методи обробки баласту, однак поки вони ще практично не застосовуються. Для абсолютної більшості сучасних суден зміна баласту є єдиним можливим методом усунення можливості перевезення небажаних водних організмів.

Через цей не можна не зупинитися ще на одній проблемі, властивій обома способам зміни баласту. Це проблема осаду на дні баластних танків.

Якщо прийнятий баласт є прісною водою, то при зміні баласту у відкритому океані всі прісноводні організми вбиваються через високу її солоність. Морські організми, що потрапили в баластові танки з океанською водою, як правило, не виживають в умовах прибережних вод. Якщо ж баласт був прийнятий у солоній воді, то осадові організми можуть залишитися в баластних танках, таким чином, чим вище відсоток заміненої баластної води, тим більше ефективною буде захист [47].

Послідовний спосіб більш ефективний для розв'язку цієї проблеми, тому що дозволяє вилучити за борт не тільки плаваючі організми, але й більшість тих, які перебувають на дні танків.

При прокачуванні осад, разом з організмами, що втримуються в ньому, залишається на дні танків. Поки ще не ясно, наскільки ефективний цей метод у плані розведення вихідного баласту. Крім того, конструкція танка може приводити до утвору зон застою води, у яких зміни баласту не відбудеться взагалі.

3.6. Проблеми безпеки

Безумовно, найважливішою проблемою при зміні баласту є безпека судна, тому що при будь-якому способі її проведення існує можливість заподіяння збитку судну в цілому або окремим його конструкціям.

Небезпека може виникати внаслідок зміни навантаження на корпус, що веде до порушення поздовжньої міцності; утвору вільних поверхонь рідини в танках; утвору хвиль усередині танків, що може привести до руйнування їх конструкції; збільшення навантаження на всю баластову систему при

перепресуванні танків; погіршення параметрів остійності також буде мати місце.

Таки образом, методи розведення баласту або його частоті заміни в період пересування судна через різні біологічні зони є найбільш підходящими для суден, які перебувають в експлуатації. При цьому основну проблему становлять завдання видалення залишків баласту з танків, а також забезпечення необхідних морехідних якостей судна (остійності й міцності корпусу) [54].

Для знов споруджуваних суден найбільш радикальним є метод обробки баластних вод у суднових умовах перед скиданням їх у порту. Даний спосіб вимагає включення до складу СЕУ спеціального устаткування, що дозволяє виконувати обробку баластних вод перед їх прийманням і видаленням за борт. Це ж спосіб може бути рекомендований для переустаткування баластних систем суден, які перебувають в експлуатації.

3.7. Висновки за розділом 3

Як результат досліджень, виконаних в розділі 3, визначимо наступне.

Під час вибору методу обробки баласту слід пам'ятати, що він повинен відповідати таким критеріям: бути безпечним для людини та довкілля, ефективним та економічним. Прийнятним методом є обробка баластних вод на борту судна, що включає механічний, фізичний та хімічний способи.

Перший спосіб – механічний, що полягає в сепарації та фільтрації. Це первинний та досить грубий спосіб очищення водяного баласту. З метою підвищення його ефективності рекомендується застосування гідроциклонів із застосуванням коагулянтів для підвищення якості очищення баластних вод. Перевагою механічного способу є простота застосування. Однак серед

недоліків необхідно відзначити, що за умовою підвищення швидкості фільтрації та сепарації можливе зниження якості очищення води та утворення осаду в баластних танках.

Найпростішим фізичним методом є нагрівання баластної води за допомогою теплообмінників суден. У ряді досліджень запропоновано три температурні інтервали для деконтамінації баластних вод: 35...37,5 °C протягом 60...120 хв, 40...45 °C та 55...80 °C протягом 30...90 хв. Причому за 80 °C швидкість загибелі мікроорганізмів не підвищується. До суттєвих недоліків способу можна віднести порушення рівноваги прибережних екосистем внаслідок скидання гарячої води до прибережних акваторій.

Ультрафіолетове опромінення для знезараження води від патогенних мікроорганізмів руйнує молекулярну структуру клітин, викликає повну загибель або порушує репродуктивну здатність. Оптимальне пікове значення для знищення бактерій та водоростей у баластних водах – 254 нм.

До фізичних способів знезараження баластних вод відноситься гідродинамічна кавітація – явище, при якому порушується однорідність рідини, з'являються бульбашки або порожнини, що складаються з пари або газу. Для повного знищення біоти у водяному баласті застосування гідродинамічної кавітації недостатньо та рекомендовано поєднувати з ультразвуковою дією. Ультразвук посилює свій вплив на морські організми завдяки електролізу солей, розчинених у морській воді, що знаходиться у танках.

Для обробки водяного баласту часто використовують гідроксильні радикали, що виникають у процесі електролізу. При концентрації окислювача 0,7 мг/л і часу експозиції 6 год спостерігається 100 % загибель бактерій. Використання радикалів є ефективним і найбільш щадним для довкілля.

Застосування тільки фізичних способів не призводить до 100 % деконтамінації баласту, викликає корозію металевих поверхонь і деталей судна або завдає шкоди прибережним екосистемам.

Найчастіше практично використовується хімічний спосіб деконтамінації суднового баласту. Актуальною проблемою застосування хімічних речовин для знезараження баластної води є утворення побічних продуктів реакції при взаємодії з морською водою. Солоність Світового океану становить 34...35 %, при цьому в Азовському морі вона становить 11, Чорному – 18, Середземному – 39, Червоному – 41 %. У зв'язку з цим для знищення 95 % організмів у баластній воді необхідно підвищувати солоність (концентрації NaCl) до 110 проміле та витримувати експозицію 1 годину, при солоності води – 60 проміле, експозиція має становити 6 годин.

Найпростіший і недорогий у застосуванні дезінфектант – перекис водню. При її використанні, по-перше, немає ризику утворення побічних органічних сполук і, по-друге, баластну воду можна скидати без шкоди для навколишнього середовища після короткого часу експозиції (24 години) та відносно невисокої концентрації (5 мг/мл).

На думку ряду дослідників, озон може застосовуватися як ефективний біоцид на судах різної конструкції. Застосування озону показало високу ефективність щодо патогенної та умовно-патогенної мікрофлори при високому рівні контамінації як у лабораторних експериментах, так і на судах. При концентрації 5...11 мг/мл та 6-годинній обробці з напругою 400...700 МВт озон ефективний щодо будь-яких інвазійних елементів. Нетоксичність кисню, що утворюється під час розпаду озону, гарантує безпеку навколишнього середовища при скиданні обробленої води.

Поширеною хімічною речовиною для знезараження води є хлор та його сполуки. Біоцидна дія хлору пояснюється високою хімічною активністю та високою окисною здатністю хлорноватистої кислоти порівняно з аніонами Cl⁻. Хлорування баластної води ефективно при рН близько 7,5 концентрації

5 мг/м³. А при скиданні води концентрація хлору має перевищувати значень гранично дозволеної концентрації – 0,03 г/м³. Хлор на судна поставляється у сталевих циліндрах чи сталевих бочках. Агресивність та токсичність хлору створює великі економічні витрати на створення спеціального обладнання для забезпечення біологічної безпеки, зберігання його запасів на судні несе можливий ризик для здоров'я екіпажу. Для знезараження баластної води можливе використання діоксиду хлору, менш токсичного хлорвмісного з'єднання. Однак цей біоцид практично неефективний проти зоопланктону, якщо концентрація хлору становить менше 2 мг/л. Тривалий період напіврозпаду (понад 24 години) призводить до небажаних екологічних наслідків.

Обробка баластної води гідроксидом натрію та збільшення рН до 10...12 при 24-годинному впливі сприяє уповільненню корозійних процесів сталі баластних цистерн при підвищенні водневого показника, а також знезараженню та знищенню водних організмів у баласті із загибеллю останніх до 95 %.

Таким чином, в даний час існує безліч способів та методів обробки, які свідчать про те, що досі так і не знайдено універсальний для обробки водяного баласту на суднах.

4. ОЗОНУВАННЯ МОРСЬКОГО БАЛАСТУ ЯК ЗАСІБ РОЗВ'ЯЗАННЯ ПРОБЛЕМИ СКИДАННЯ БАЛАСТНИХ ВОД

4.1. Фізичні принципи озонування баластних вод суден морського транспорту

Транспортування шкідливих морських організмів, що знаходяться в баластних водах суден, – глобальна проблема охорони довкілля. Як частина глобальних зусиль по боротьбі із погрозами, що пов'язані з транспортування шкідливих морських організмів, які знаходяться в баластних водах суден, є встановлення на морських суднах системи Blue Ballast (у різних варіантах технологічного виконання та комплектації). Одним з варіантів використання цієї системи є озонування баластної води. Озон – природний газ, який формується в атмосфері, коли вільний атом кисню (O) приєднується до молекули кисню (O₂). Ці реакції вимагають більших витрат енергії (такого як розряд блискавки). Як тільки джерело енергії вилучене, озон (O₃) негайно розкладає. Хоча в озону надзвичайно коротка тривалість життя, це один з найдужчих окиснювачів, який надзвичайно швидко й ефективно нейтралізує ендотоксини вірусів, бактерій і грибів [55, 56].

В теперішній час застосування озонних технологій знайшло широке розповсюдження в багатьох галузях науки та техніки, таких, як медицина, біологія, очищення газу та води та ін. Лідером з використання озону безумовна є водопідготовка та водообробка. Сучасна промисловість випускає широкий спектр обладнання, що забезпечує озонування води. Основним елементом цього обладнання є озонатор, який генерує озон. На суднах морського та внутрішнього водного транспорту озон, як найбільш сильний окислювач, використовується в різних системах водопостачання – питної та мийневої води, а також з метою очищення вод, що містять нафту, та знезараження баластних вод.

4.2. Суднова система знешкодження баластних вод НК-О3

Схема використання озону для насичення баластної води реалізована в системі НК-О3, принцип роботи й основні елементи якої показано на рис. 4.1.

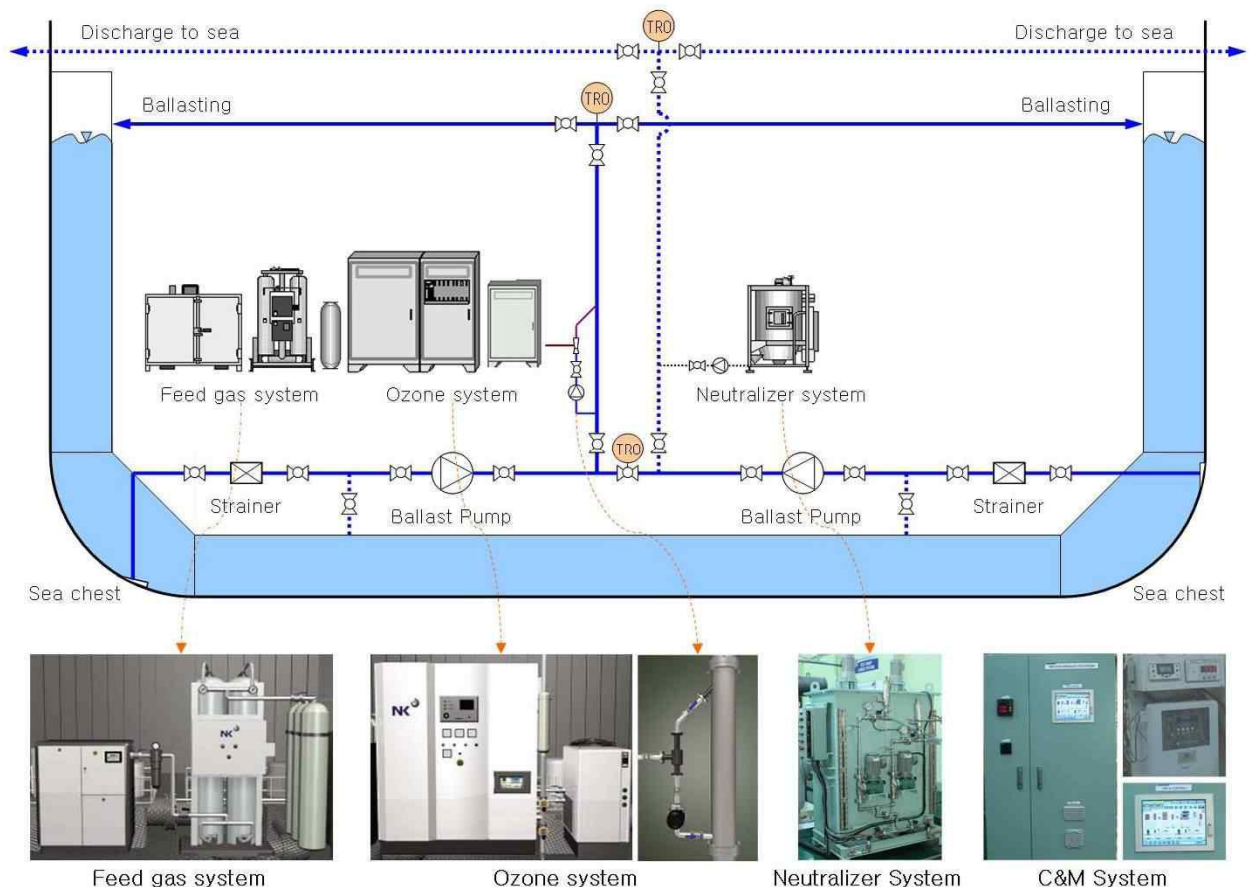


Рис. 4.1. Принципова схема системи НК-О3

У системі НК-О3 судновий генератор озону забирає азот з атмосферного повітря, а концентрований кисень подається через високочастотну область із високою напругою, що приводить до утвору озону. Утворений електричним розрядом озон уводиться в прийнятий водяний баласт, щоб окислити й нейтралізувати кожної шкідливі мікроорганізми. Великий відсоток бактерій і вірусів убивається прямим контактом з озоном, залишок нейтралізується бромноватисто кислими з'єднаннями, що утворюються в результаті реакції

озону з хімічними елементами, які знаходяться в морській воді. Ці з'єднання та озон є високоефективними дезінфікуючими засобами, а швидкий розпад цих елементів не наносить шкоди довкіллю [57, 58].

Система НК-ОЗ розроблена для введення озону густиною 2,5 мг/л у баластові води, пропорційно продуктивності баластних насосів.

Система складається із чотирьох інтегрованих модулів:

- газова система;
- озонова система;
- нейтралізатор;
- система контролю й керування.

Схема системи НК-ОЗ показано на рис. 4.2.

Газова система складається з повітряного компресора й кисневого генератора. Повітряний компресор робить стиснене повітря тиском 0,5...0,8 МПа для кисневого генератора.

Модуль стисненого повітря складається із гвинтового повітряного компресора, масловіддільника, віддільника вологи й повітряного ресивера.

Кисневий генератор складається із двох ємностей, наповнений синтетичним цеолітом, які виконують функції молекулярного фільтра, що адсорбирує зі стисненого повітря азот. У міру насичення азотом цеоліту система контролю по черзі міняє ємності. Газ, насичений киснем (не менш 90 %) надходить у кисневий ресивер, а азот з неробочої ємності, у результаті декомпресії, продувається в атмосферу.

Озонова система містить у собі:

- озоновий генератор;
- регенератор (озоновий каталізатор);
- систему охолодження;
- ежекторні насоси й інжектора.

Схема генератора озону наведено на рис. 4.3 і 4.4.

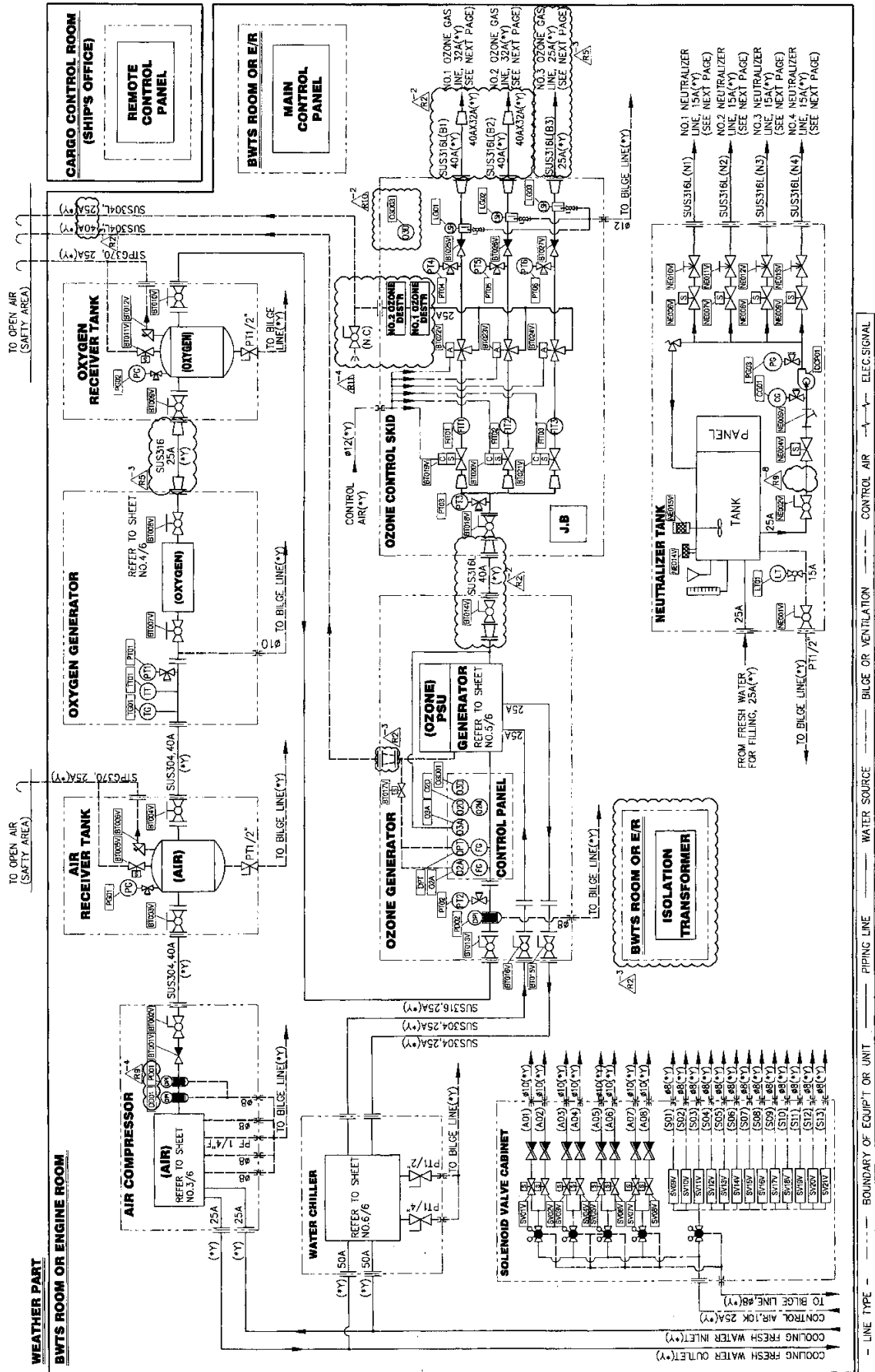


Рис. 4.2. Схема системы NK-O3

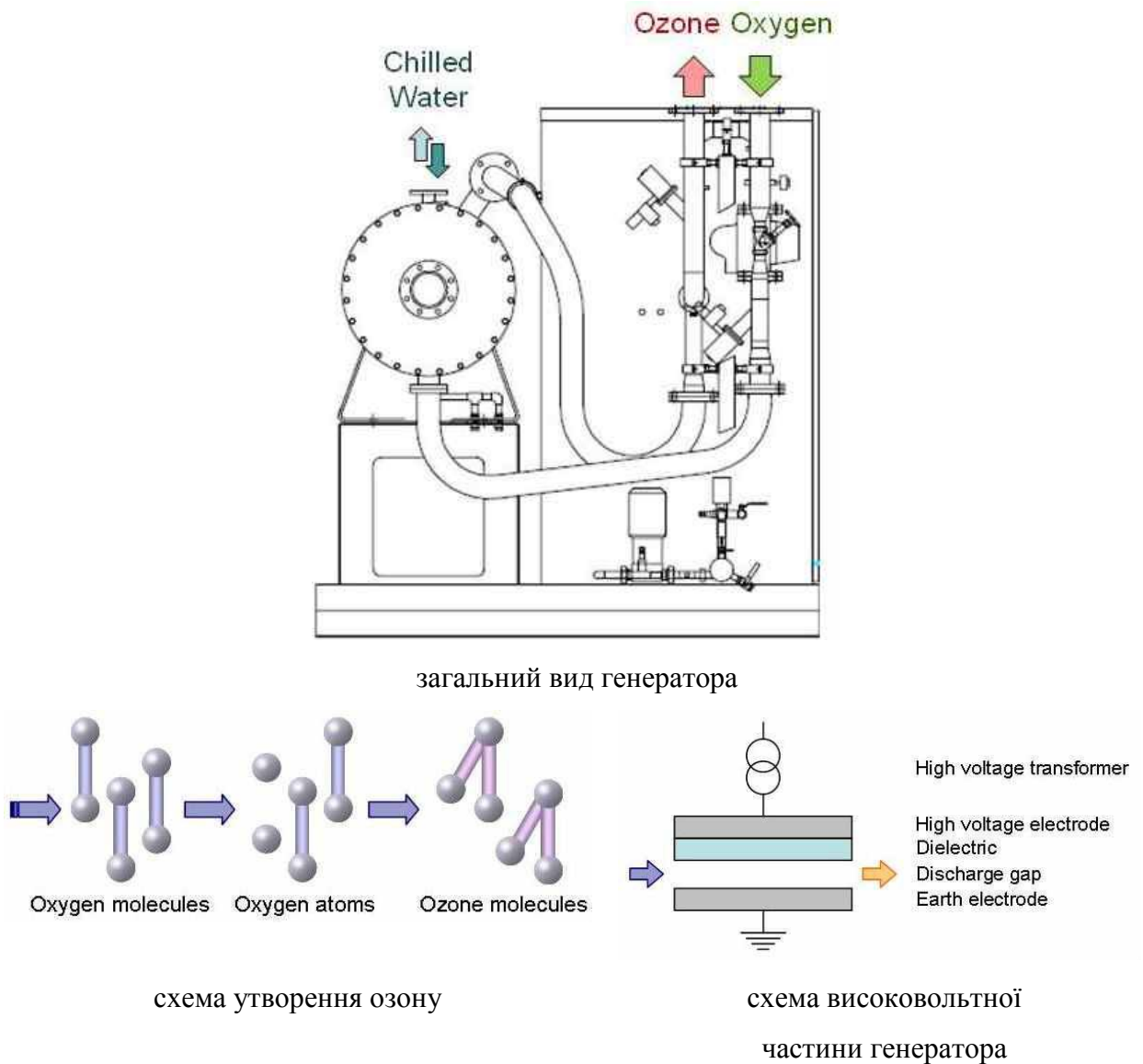
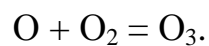


Рис. 4.3. Судновий генератор озону

Озоновий генератор являє собою високовольтну установку, де кисень, проходячи через електричний розряд між електродами під високою напругою, розщеплюється й вільні атоми кисню (O) формують із молекулами кисню (O₂) озон (O₃):



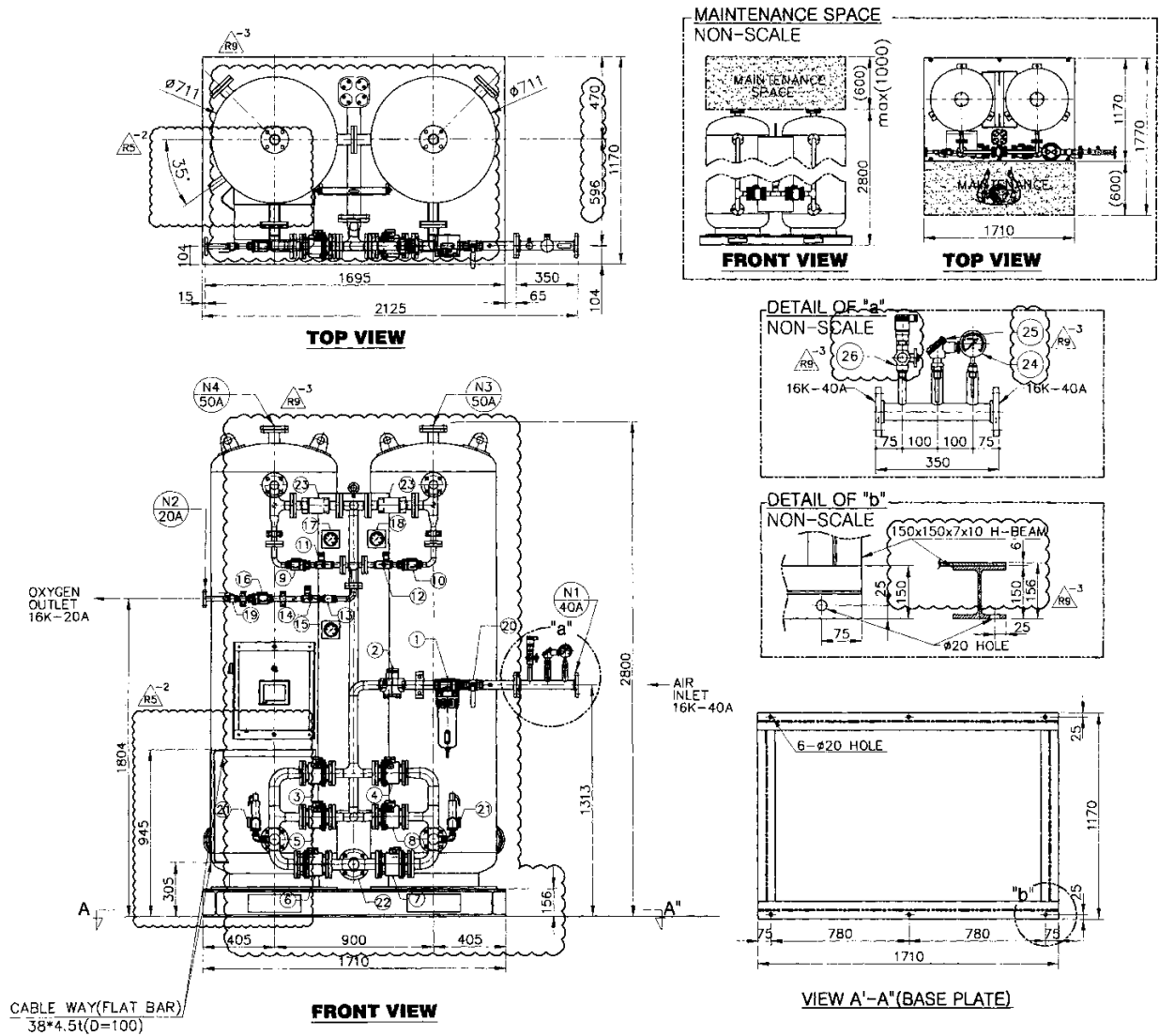
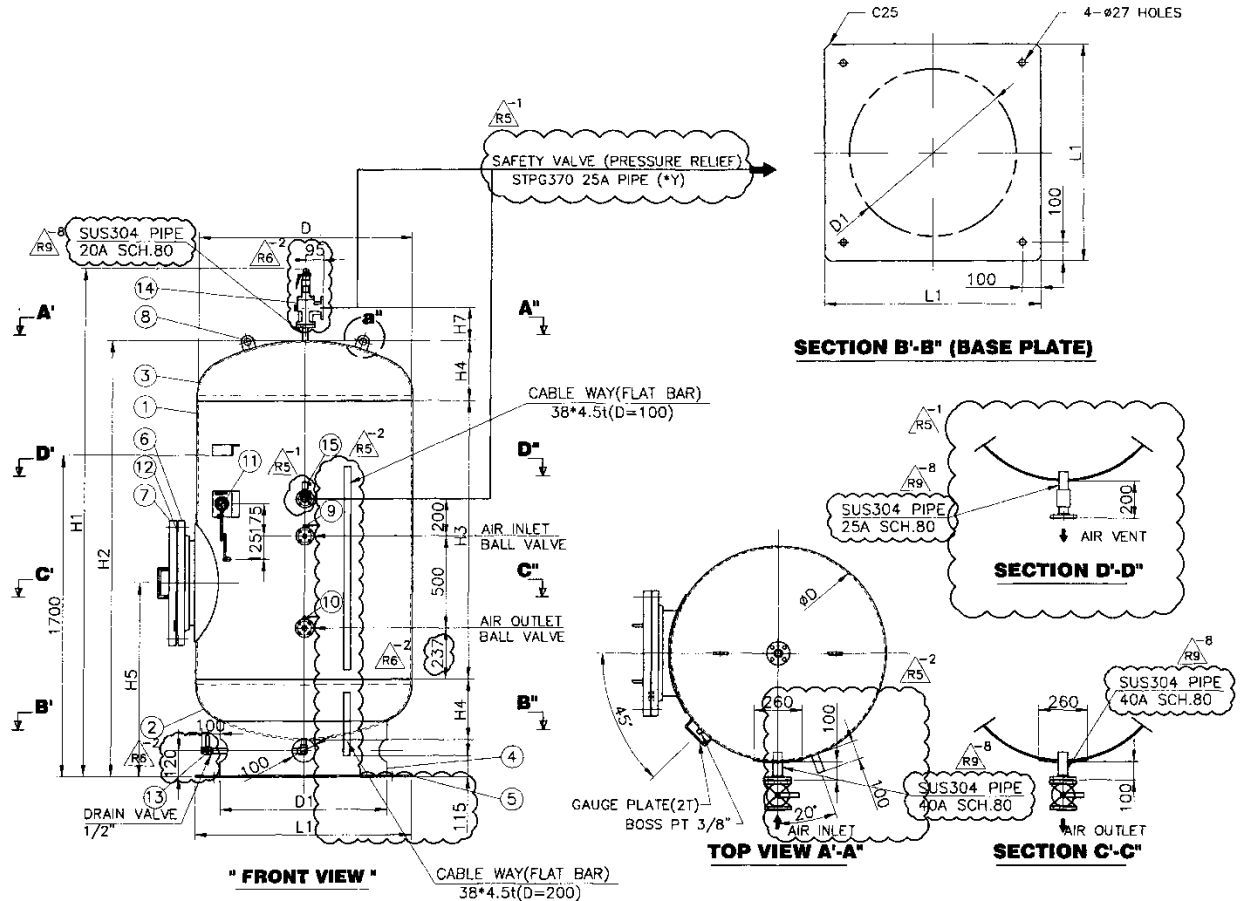


Рис. 4.4. Схема суднового генератора озону:

- 1 – коалесцируючий фільтр; 2 – редукційний клапан; 3,4 – головні повітряні клапани; 5,8 – клапан, що зрівнює; 6,7 – відвід азоту; 9,10 – пропускний клапан; 11, 12 – регулювальний клапан; 13 – контролюючий озоновий клапан; 14 – регулюючий озоновий клапан; 15 – манометр тиску озону; 16 – озоновий клапан; 17, 18 – манометр тиску 19 – випускний ручний клапан; 20 – впускний ручний клапан; 21 – запобіжний клапан; 22 – глушник; 23 – клапан контролю; 24 – термометр; 25 – магістраль виміру температури; 26 – магістраль виміру тиску

Озон, що утворювався, накопичується в ресивері (рис. 4.5), звідки безпосередньо подається до форсунок-розпилювачам, розташованим у баластовій системі [60-62].



NOTE
THE SHAPE OF THE CYLINDER MAY BE SUBJECT TO CHANGE
EITHER BY CUSTOMER'S REQUEST OR BY CONSTRUCTION OF VESSEL
ONLY IF THE CHANGES OBSERVE RELATED REGULATIONS.

Рис. 4.5. Озоновий ресивер:

- 1 – циліндричний корпус; 2,3 – еліпсоїдна кришка 4 – опора;
5 – фундаментна рама; 6 – оглядовий люк; 7 – кришка оглядового люка;
8 – піднімальне кільце; 9,10 – роликовий клапан 11 – манометр; 12 – прокладка;
3 – осушувальний клапан; 14 – запобіжний клапан; 15 – соленоїдний клапан

Система охолодження служить для відводу тепла, виділюваного при генеруванні озону. Система охолодження містить у собі водяний контур із циркуляційним насосом і танком запасу й контур охолодження води з окремою рефрижераторною установкою [63, 64].

Схема системи охолодження наведена на рис. 4.6.

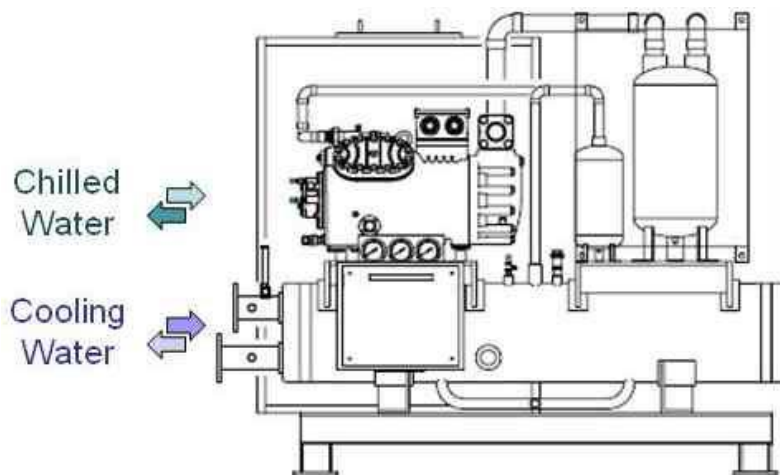


Рис. 4.6. Охолоджувач генератора озону

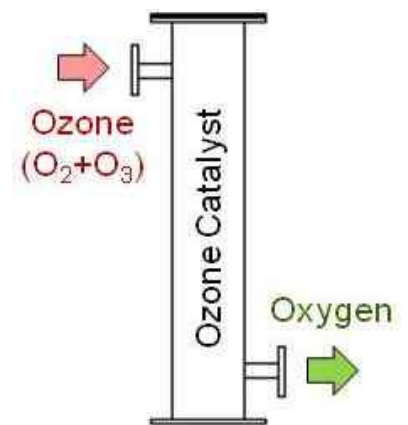


Рис. 4.7. Регенератор озону

Схема озонного каталізатора (регенератора) наведено на рис. 4.7.

Регенератор являє собою каталізатор, у якому невикористаний озон конвертується назад у кисень перед поверненням його в атмосферу.

Подача озону в баластну систему (рис. 4.8) здійснюється за допомогою ежекторів через спеціальні форсунки (рис. 4.9 і 4.10).

Ежекторні насоси створюють необхідний тиск на інжекторах для подачі необхідної концентрації озону в систему приймання баласту.

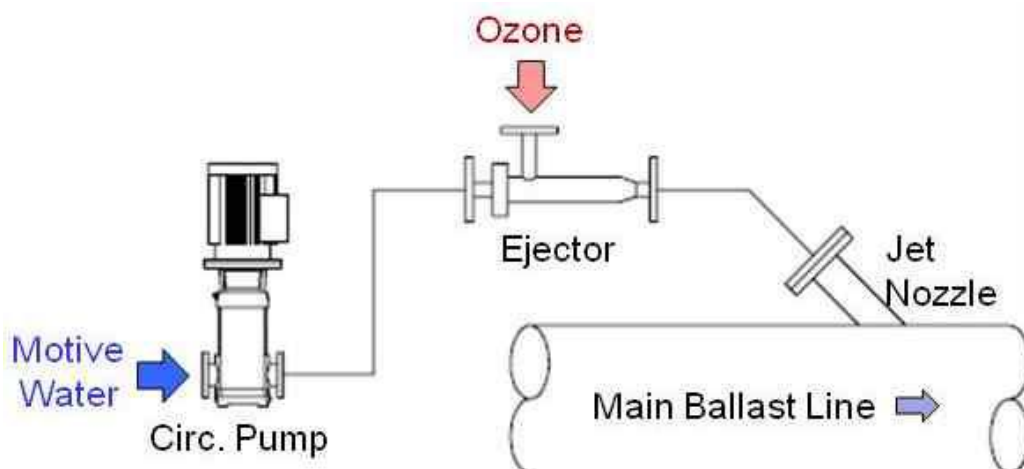


Рис. 4.8. Схема подачі озону в баластну систему

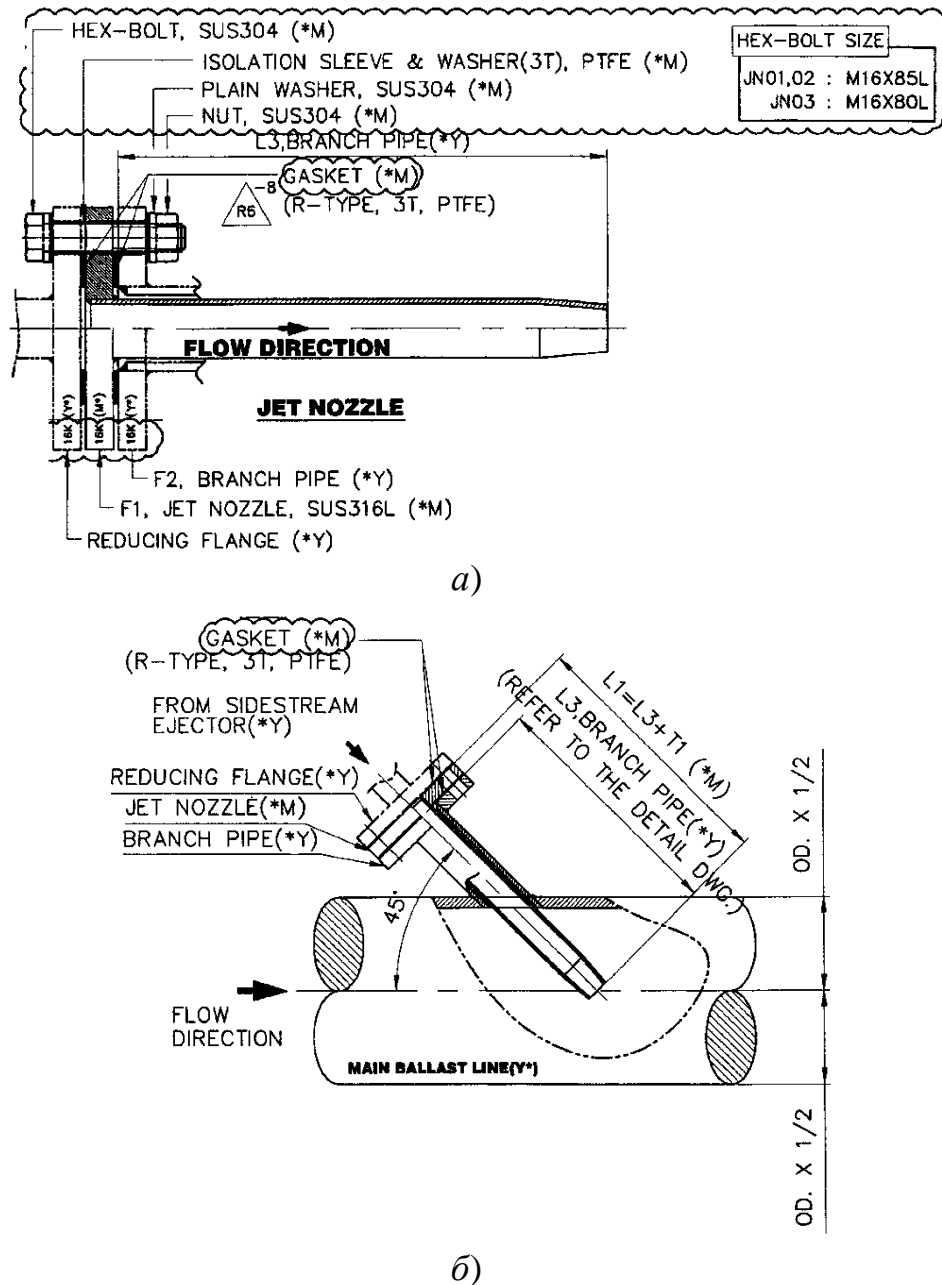
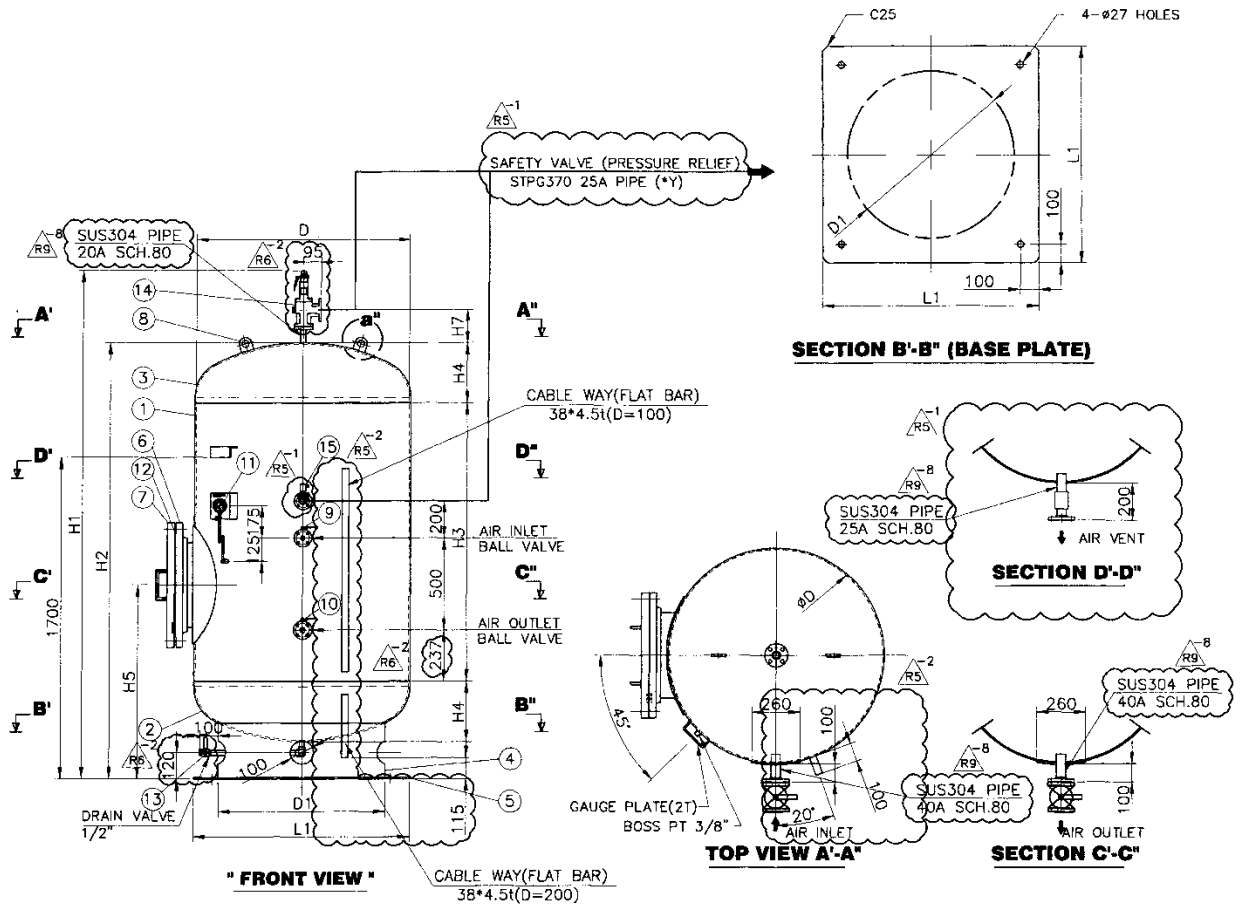


Рис. 4.9. Форсунка подачі озону в баластну систему:
a – загальний вид; *б* –схема установки

Система нейтралізації призначена для видалення залишкових окиснювачів, що втримуються в баластних водах, що й зливаються за борт. Концентрація залишкових окиснювачів контролюється спеціальними ТРО-аналізаторами (Total Residual Oxidants). Система містить у собі танк зберігання нейтралізатора, обладнаним змішувачем, насос подачі нейтралізатора, а також інжекторних сопів, розташованих безпосередньо в системі видалення баласту [65].

Стиснене повітря для, необхідний для роботи системи, генерується в самостійній системі стисненого повітря. Система складається з компресора стисненого повітря й окремого ресивера (рис. 4.11). Стиснене повітря даної системи використовується тільки в установці NK-O3 [66, 67].



NOTE
THE SHAPE OF THE CYLINDER MAY BE SUBJECT TO CHANGE
EITHER BY CUSTOMER'S REQUEST OR BY CONSTRUCTION OF VESSEL
ONLY IF THE CHANGES OBSERVE RELATED REGULATIONS.

Рис. 4.11. Повітряний ресивер:

- 1 – циліндричний корпус; 2,3 – еліпсоїдна кришка 4 – опора;
5 – фундаментна рама; 6 – оглядовий люк; 7 – кришка оглядового люка;
8 – піднімальне кільце; 9,10 – роликовий клапан 11 – манометр; 12 – прокладка;
13 – осушувальний клапан; 14 – запобіжний клапан; 15 – соленоїдний клапан

4.3. Висновки за розділом 4

З метою знешкодження мікроорганізмів, що потрапляють на борт судна з баластною водою та далі перевозяться в інші Світові океанські або морські регіону, використовують різні методи обробки баластної води.

Під час вибору методу обробки баласту керуються наступними критеріями:

- безпека для екіпажу і судна;
- сумісність із загально-судновими системами та судном в цілому, виключення нанесення шкоди довкіллю;
- економічність;
- ефективність.

До одного з ефективних способів обробки баластної води відноситься використання озону, який генерується безпосередньо на борту судна та спрямовується в приймальну магістраль баластної води. Системою, що забезпечує озонування баластної води є суднова система знешкодження баластних вод НК-ОЗ. Система складається із чотирьох інтегрованих модулів: газова система, озонова система, нейтралізатор, система контролю й керування. Озонова система, як основна складова всієї системи НК-ОЗ, містить у собі: озоновий генератор, регенератор (озоновий каталізатор), систему охолодження, ежекторні насоси й інжектора.

Використання системи знешкодження баластних вод НК-ОЗ забезпечує виконання стандартів D-1 та D-2 Міжнародної конвенції про контроль суднових баластних вод й осадів та управління ними 2004 року та саме вона рекомендується для запобігання інвазійного забруднення морських акваторії під час експлуатації суден морського та внутрішнього водного транспорту.

5. ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ СУДНОВОЇ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ УСТАНОВКИ

З 1 січня 2013 року відповідно до положень Резолюції ІМО МЕРС.203(62)(9) вступили в силу правила Конвенції МАРПОЛ, спрямовані на підвищення енергоефективності суден. На всі нові судна, побудовані після 1 січня 2013 поширюється вимога щодо розрахунку «Експлуатаційної коефіцієнта енергоефективності судна», а для суден, що перебувають в експлуатації, з цієї дати вводиться вимога по наявності на борту «Плану управління енергоефективністю судна (ПУЕС)/Ship Energy Efficiency Management Plan (SEEMP)». Відповідно до поправок до Правила 26 Додатка 6 до Конвенції МАРПОЛ наявність на борту судна ПУЕС є однією з підстав для отримання судном міжнародного сертифікату енергоефективності. Вимоги до енергоефективності нових суден (в частині відповідності ними конструктивного коефіцієнту енергоефективності – ККЕЕ) викладені у відповідній методиці ІМО. Коефіцієнт враховує не тільки потужність силової суднової установки, а й загальні дані судна [68].

Розрахунок ККЕЕ проводиться за загальною методикою, наведеною ІМО в керівництві МЕРС.308(73) Потім судно перевіряється морською адміністрацією держави або її уповноваженим органом – Регістром судноплавства. Після успішної перевірки судну видається Міжнародний сертифікат з енергоефективності [69].

У загальному вигляді формулу розрахунку ККЕЕ можна представити таким чином:

$$\text{ККЕЕ} = \frac{\text{кількість викидів CO}_2}{\text{виконана транспортна робота}}.$$

Кількість викидів CO₂ визначається за витраченого за рейс паливу певного сорту. У свою чергу, витрата палива СЕУ базується на потужності двигунів пропульсивного комплексу на певному експлуатаційному режимі та інших споживачів палива на судні.

Вироблена транспортна робота судном визначається його конструктивними особливостями, об'ємом вантажних відсіків і швидкістю судна, заміряний при максимальному завантаженні по літню вантажну марку і 75% потужності ГД.

Максимальна величина $K_{KE(MAX)}$ задається статичної емпіричною формулою залежно від типу судна і його дедвейту:

$$K_{KE(MAX)} = a_i \cdot Dw_{(i)(j)}^{-c_i},$$

де a_i, c_i – емпіричні коефіцієнти i -го типу судна $i=1...7$:

$$a_i = \begin{cases} 961,8 \\ 1120 \\ 1218 \\ 174,2 \\ 107,5 \\ 227 \\ 1219 \end{cases} \quad c_i = \begin{cases} 0,477 & \text{для } i = 1 \text{ – балкера,} \\ 0,456 & \text{для } i = 2 \text{ – газове,} \\ 0,488 & \text{для } i = 3 \text{ – танкера,} \\ 0,201 & \text{для } i = 4 \text{ – контейнеровоза,} \\ 0,216 & \text{для } i = 5 \text{ – універсального,} \\ 0,244 & \text{для } i = 6 \text{ – рефрижераторного,} \\ 0,488 & \text{для } i = 7 \text{ – комбінованого судна;} \end{cases}$$

$Dw_{(i)(j)}$ – j -й дедвейт i -го типу судна.

Розрахункове значення коефіцієнта енергетичної ефективності судна ККЕЕ визначається за наступною формулою:

$$K_{KE(роз)} = \left\{ \left(\prod_{j=1}^M f_j \right) \left(\sum_{i=1}^{nME} P_{ME(i)} \cdot C_{FME(i)} \cdot SFC_{ME(i)} \right) + (P_{AE} \cdot C_{FAE} \cdot SFC_{AE}) + \left[\left(\prod_{j=1}^M f_j \right) \left(\sum_{i=1}^{nPTI} P_{PTI(i)} - \sum_{i=1}^{neff} f_{eff(i)} \cdot P_{AEeff(i)} \right) \cdot C_{FAE} \cdot SFC_{AE} \right] - \left(\sum_{i=1}^{neff} f_{eff(i)} \cdot P_{eff(i)} \cdot C_{FME} \cdot SFC_{ME} \right) \right\} / f_i \cdot Capacity \cdot V_{ref} \cdot f_w$$

У загальному випадку, ККЕЕ (розрахунковий) прямо пропорційний витраті палива усіма судновими споживачами з урахуванням утилізації тепла та інших енергозберігаючих конструкційних заходів і обернено пропорційний роботі судна з перевезення вантажів.

Формула для визначення ККЕЕ містить наступні складові:

а) витрати пов'язані з головними двигунами (потужність ГД, витрата палива і викиди CO₂)

$$\left(\prod_{j=1}^M f_j \right) \left(\sum_{i=1}^{nME} P_{ME(i)} \cdot C_{FME(i)} \cdot SFC_{ME(i)} \right),$$

де $\sum_{i=1}^{nE} P_{ME(i)}$ – сумарна потужність ГД, кВт;

$C_{FME(i)}$ – питомий (масовий) вміст CO₂ при повному згорянні вуглецю в паливі, витраченому ГД, $\frac{\text{тонн углероду}}{\text{тонн палива}}$;

$SFC_{ME(i)}$ – питома ефективна витрата палива на ГД, кг/(кВт·г);

б) витрати, що пов'язані з дизель-генераторами (потужність ДГ, витрата палива і викиди CO₂)

$$P_{AE} \cdot C_{FAE} \cdot SFC_{AE},$$

P_{AE} – потужність ДГ на ходовому режимі судна, кВт;

C_{FAE} – питомий (масовий) вміст CO₂ при повному згорянні вуглецю в паливі, витрачених ДГ, $\frac{\text{тонн углероду}}{\text{тонн палива}}$;

SFC_{AE} – питома ефективна витрата палива на ДГ, кг/(кВт·г);

в) енергозберігаючі технології для допоміжних установок

$$\left(\prod_{j=1}^M f_j \right) \left(\sum_{i=1}^{n_{PTI}} P_{PTI(i)} - \sum_{i=1}^{n_{eff}} f_{eff(i)} \cdot P_{AEff(i)} \right) \cdot C_{FAE} \cdot SFC_{AE},$$

d) енергозберігаючі технології для головних установок

$$\sum_{i=1}^{n_{eff}} f_{eff(i)} \cdot P_{eff(i)} \cdot C_{FME} \cdot SFC_{ME},$$

e) робота судна з перевезення вантажів

$$f_i \cdot Capacity \cdot V_{ref} \cdot f_w,$$

f_i – коефіцієнт вантажомісткості для суден (крім льодового класу) приймається рівним 1;

$Capacity$ – дедвейт судна, тонн;

f_w – безрозмірний коефіцієнт, котрий вказує на зниження швидкості судна при хвилюванні і хитавиці (визначається на ходових випробуваннях або розрахунковим шляхом, або приймається рівним 1 до уточнення);

V_{ref} – експлуатаційна швидкість судна, вузли.

Значення питомого (масового) вмісту CO_2 при повному згорянні вуглецю в паливі наведені у таблиці 5.1 [69].

Таблиця 5.1. Характеристики палив, що використовуються на судах

№	Тип палива	Примітка	Вміст вуглецю, г/л	$C_F, \frac{\text{тонн } CO_2}{\text{тонн палива}}$
1	Diesel/Gas Oil	ISO 8217	0,8744	3,2206
2	Light Fuel Oil (LFQ)	ISO 8217	0,8594	3,151
3	Heavy Fuel Oil (HFO)	ISO 8217	0,8493	3,114
4	Liquefied Petroleum Gas (LPG)	Propane Butane	0,8182... 0,8264	3,00...3,003
5	Liquefied Natural Gas (LNG)	–	0,7500	2,750

Дані, необхідні для розрахунку ККЕЕ наведені в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2. Вихідні дані для розрахунку ККЕЕ

Тип судна	Ro-Ro
Загальна довжина, м	199,95
Довжина між перпендикулярами, м	190,0
Ширина, м	32,22
Осадка, м	9,816
Дедвейт, тонн	18836
Головний двигун	7S60MC-C «MAN-B&W»
Максимальна тривала потужність (MCR), кВт і питома ефективна витрата палива, г/(кВт·г)	16660, 174
Потужність, кВт і витрата палива, г/(кВт·г) ГД при 0,75 (MCR)	12495 172
Кількість ГД	1
Використовуване паливо ISO 8217-2010	RMK380
Питома теплотворна здатність палива, кДж/кг	41868
Допоміжні двигуни	6DK26 Daihatsu
Максимальна тривала потужність (MCR), кВт і витрата палива (г/кВт·г)	1710 кВт, 196
Кількість ДГ	3
Використовуване паливо	RMK 380
Питома теплотворна здатність палива, кДж/кг	41868
Вихідна потужність ДГ, кВт	751
Швидкість судна при літній осадці і 75% потужності ГД на глибокій воді, вузли	18,76

Потужність допоміжних двигунів необхідна для підтримки тривалого максимального ходового навантаження

$$P_{AE} = \begin{cases} 0,025 \sum_{i=1}^{n(ME)} MCR_{ME(i)} + 250 & \text{при } MCR_{ME} > 10000 \text{ кВт} \\ 0,05 \sum_{i=1}^{n(ME)} MCR_{ME(i)} & \text{при } MCR_{ME} < 10000 \text{ кВт} \end{cases} .$$

$$P_{AE} = 0,025 \cdot 16660 + 250 = 667 \text{ кВт}.$$

Значення максимального $K_{KE(MAX)}$

$$K_{KE(MAX)} = 174,2 \cdot 18836^{-0,201} = 24,09 \frac{\text{гCO}_2}{\text{ТОНН} \cdot \text{МИЛЮ}} .$$

Розрахункове значення ККЕЕ визначимо за формулою

$$K_{KE(PO3)} = \frac{(\sum_{i=1}^{nE} P_{ME(i)} \cdot C_{FME(i)} \cdot SFC_{ME(i)}) + P_{AE} \cdot C_{FAE} \cdot SFC_{AE}}{f_i \cdot Capacity \cdot f_w \cdot V_{ref}} ,$$

$$K_{KE(PO3)} = \frac{1 \cdot 12495 \cdot 3,114 \cdot 172 + 667 \cdot 3,114 \cdot 188}{1 \cdot 18836 \cdot 1 \cdot 18,76} = 20,04 \frac{\text{гCO}_2}{\text{ТОНН} \cdot \text{МИЛЮ}} .$$

З наведеного розрахунку видно що значення $K_{KE(PO3)}$ при заданих параметрах нижче $K_{KE(MAX)}$, що забезпечує вимоги до енергетичної ефективності судна [74].

ВИСНОВКИ

В результаті виконання дипломної роботи зробимо наступні висновки.

Дипломна робота присвячена розв'язанню важливого та актуального науково-прикладного завдання – управління баластними водами суден морського та внутрішнього водного транспорту з метою запобігання інвазійного забруднення морського середовища.

1. Прагнення до захисту довкілля від забруднень, у тому числі і з судових енергетичних установок, накладає суворі обмеження до забезпечення екологічної безпеки під час їх експлуатації.

2. Однією з екологічних проблем є проблема перенесення мікроорганізмів з баластними водами морських суден. Транспортування шкідливих морських організмів, що втримуються в баластних водах суден, – глобальна проблема охорони навколишнього середовища, що виявляє серйозний вплив на морські екосистеми, рибальство й навіть на здоров'я людини в багатьох регіонах миру.

3. Характер норм сучасного законодавства щодо стану та характеристик вод, які скидаються з морських суден за борт, вимагає відсутності мікроорганізмів в баластній воді, що знаходиться в баластних танках судна. Це може бути забезпечено як процесами очищення, так і процесами знезараження. Застосування процесів очищення забезпечує вилучення мікроорганізмів з баластної води, проте вимагає подальшого їх знищення, наприклад, знезараженням за умови забезпечення стану, що вимагається Міжнародною конвенцією з управління судовими баластними водами та осадами.

4. Особливостями розв'язання проблеми забезпечення необхідної якості очищення та знезараження баластної води є великі обсяги баласту, що

приймається на борт судна, і необхідність швидкого заповнення баластних танків. Здійснення основних операцій у технології очищення та знезараження баласту має бути організовано під час його знаходженні в суднових баластних танках на протязі навігаційного переходу судна та транспортування баласту, тобто за умов наявності достатнього часу задля забезпечення ефективності здійснюваних процесів.

5. На теперішній час існують наступні методи обробки баласту:

перший – виключення скидання баласту взагалі;

другий – зменшення концентрації морських організмів, що втримуються в прийнятому на борт водяному баласті;

третій – обробка водяного баласту на борті судна, така обробка може здійснюватися різними способами:

- фізичний – нагрівання, обробка ультразвуком, ультрафіолетовим випромінюванням, магнітним полем, іонізація сріблом і т.п.;

- механічний – фільтрування, внесення змін у конструкцію судна, застосування спеціальних покриттів танків і т.п.;

- хімічний – озонування, видалення кисню, хлорування, застосування біологічних реагентів і т.п.;

- біологічний – додавання в баластову воду хижих або паразитних організмів з метою знищити шкідливі мікроорганізми;

четвертий – берегова обробка;

п'ятий – зміні баласту у водах відкритого океану або його розведенні.

Існують і інші методи розв'язку проблеми. До них відносяться:

- сертифікація чистого баласту – полягає в одержанні судном лабораторного сертифіката в порту приймання баласту. У такому сертифікаті повинне оговорюватися, що в судновому баласті відсутні водні організми, які

можуть бути небезпечні в порту скидання. Очевидно, що не може бути досить ефективним;

- збереження баласту на судні протягом тривалого часу – у воді, яка перебуває в суднових танках більш 100 доби практично всі водні організми гинуть через відсутність світла й високого змісту заліза у воді. Однак абсолютна більшість суден не має можливості зберігати баласт на борті протягом більш ніж трьох місяців;

- електролітичне генерування іонів міді й срібла – метод досить ефективний, однак деякі організми можуть адаптуватися до впливу іонів міді й срібла, крім того вплив високої концентрації цих речовин на природне середовище ще недостатньо вивчене.

6. Як частина глобальних зусиль по боротьбі із цією погрозою використовується система Blue Ballast, яка забезпечує знищення морських мікроорганізмів за допомогою озону.

7. До одного з ефективних способів обробки баластної води відноситься використання озону, який генерується безпосередньо на борту судна та спрямовується в приймальну магістраль баластної води. Системою, що забезпечує озонування баластної води є суднова система знешкодження баластних вод НК-ОЗ. Система складається із чотирьох інтегрованих модулів: газова система, озонова система, нейтралізатор, система контролю й керування. Озонова система, як основна складова всієї системи НК-ОЗ, містить у собі: озоновий генератор, регенератор (озоновий каталізатор), систему охолодження, ежекторні насоси й інжектора.

7. Озон – природний газ, який формується в атмосфері, коли вільний атом кисню (O) приєднується до молекули кисню (O₂). Ці реакції вимагають більших витрат енергії (такого як розряд блискавки). Як тільки джерело енергії вилучене, озон (O₃) негайно розкладає. Хоча в озону надзвичайно коротка тривалість життя, це один з найдужчих окиснювачів, який

надзвичайно швидко й ефективно нейтралізує ендотоксини вірусів, бактерій і грибів.

8. Система складається із чотирьох інтегрованих модулів:

- газова система;
- озонова система;
- нейтралізатор;
- система контролю й керування.

9. Використання системи знешкодження інвазійних організмів баластних вод НК-ОЗ забезпечує виконання стандартів D-1 та D-2 Міжнародної конвенції про контроль суднових баластних вод й осадів та управління ними 2004 року. Через це саме вона рекомендується для запобігання інвазійного забруднення морських акваторії під час експлуатації суден морського та внутрішнього водного транспорту.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Сагін С.В., Колегаєв М.О., Парменова Д.Г. Зниження ризиків інвазійного забруднення морських акваторії під час експлуатації суден морського та внутрішнього водного транспорту // Суднові енергетичні установки : науково-технічний збірник. – 2023. – Вип. 47. – Одеса : НУ «ОМА». – С. 131-147. doi: 10.31653/smf47.2023.131-147.

2. Міжнародна конвенція про контроль суднових баластних вод й осадів та управління ними 2004 року / Ballast Water Management Convention(BWMC): Міжнародна морська організація; Конвенція, Правила, Форма, Міжнародний документ від 13.02.2004 з поправками. International Maritime Organization: веб-сайт. URL: <http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/BallastWaterManagement/Pages/BWMCConventionandGuidelines.aspx>

3. Парменова Д.Г., Кулешов І.М., Калугін В.М. Суднові установки очищення нафтовмісних вод: нормативні вимоги, методи очищення, конструкція та експлуатація: навчальний посібник // Одеса: НУ ОМА. – 2025. – 148 с.

4. Марченко О.О., Сагін С.В. Вдосконалення процесу очищення суднових важких палив // Суднові енергетичні установки: наук.-техн. зб. – 2020. – Вип. 41. –С. 10-14. DOI: 10.31653/smf341.2020.10-14.

5. Wang B., Lu H., Zhang H., Li W., Hong J., Cui M. Experimental Inactivation of Microalgae in Marine Ballast Water by Microbubbles Generated through Hydrodynamic Cavitation // Journal of Marine Science and Engineering. 2023, 11, 241. <https://doi.org/10.3390/jmse11020241>.

6. Сагін С.В., Куропятник О.А., Руснак Д.Ю., Парменова Д.Г. Зниження емісії оксидів сірки з випускними газами суднових дизелів шляхом ультразвукової обробки палива // Автоматизація суднових технічних засобів:

наук.-техн. зб. – 2025. – Вип. 30. – Одеса: НУ"ОМА". – С. 121 – 138. DOI: 10.31653/1819-3293-2025-1-30-121-138.

7. Hasanspahi'c, N.; Pe'carevi'c, M.; Hrdalo, N.; Šampara, L. Analysis of Ballast Water Discharged in Port – A Case Study of the Port of Ploče (Croatia) // *Journal of Marine Science and Engineering*. 2022, 10, 1700. <https://doi.org/10.3390/jmse10111700>.

9. Сагін С.В., Сагін С.С. Визначення методу управління рухом суден морського транспорту під час забезпечення їх безпечного розходження // *Водний транспорт: Збірник наукових праць*. – 2023. – Вип. 2(38). – С. 187-198. doi.org/10.33298/2226-8553/2023.2.38.20.

9. Popovskii Y.M., Sagin S.V., Khanmamedov S.A., Grebenyuk M.N., Teregerya V.V. Designing, calculation, testing and reliability of machines: Influence of anisotropic fluids on the operation of frictional components. – 1996. – *Russ. Eng. Res.* № 16. – P. 1–7.

10. Леонов В.Е. Балластные воды в судоходстве : глобальная экологическая проблема / В.Е. Леонов, Я.В. Ермоленко // *Sciences of Europe*. – 2016. – № 1(1). – С. 80–87.

11. Горбов В.М. Анализ технико-экономических показателей при выборе систем обработки балласта / В.М. Горбов, В.С. Митенкова // *Морський та річковий транспорт*. – 2014. – № 2 (11). – С. 28–38.

12. Сагін С.В., Парменова Д.Г., Верпека А.О. Підвищення паливної економічності дизелів суден морського транспорту // *Суднові енергетичні установки : науково-технічний збірник*. – 2025. – Вип. 50. – С. 102-115. DOI: 10.31653/50.2025.102-115.

13. Liu, Q.; Lu, Z.; Liu, Z.; Lin, P.; Wang, X. Ballast Water Dynamic Allocation Optimization for Revolving Floating Cranes Based on a Hybrid Algorithm of Fuzzy-Particle Swarm Optimization with Domain Knowledge // *Journal of Marine Science and Engineering*. 2022, 10, 1454. <https://doi.org/10.3390/jmse10101454>.

14. Guidance to ensure safe handling and storage of chemicals and preparations used to treat ballast water and the development of safety procedures for risks to the ship and crew resulting from the treatment process. – International Maritime Organization (IMO), 2004.

15. Sagin S.V., Kuropyatnyk O.O., Tkachenko I.V Ensuring the environmental friendliness of marine diesel engines of specialized ships // Суднові енергетичні установки: науково-технічний збірник. – 2022. – Вип. 45. – С. 5-16. doi: 10.31653/smf45.2022.5-16.

16. Ecochlor [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://ecochlor.com/treatment>

17. Annex 4. Resolution MEPC. 174(58). Guidelines for approval of ballast water management systems (G8). – International Maritime Organization (IMO), 2008. – 28 p.

18. Hyun, B.; Cha, H.-G.; An, Y.-K.; Park, Y.-S.; Jang, M.-C.; Jang, P.-G.; Shin, K. Potential Applications of a Novel Ballast Water Pretreatment Device: Grinding Device // Journal of Marine Science and Engineering. 2021, 9, 1213. <https://doi.org/10.3390/jmse9111213>.

19. Sagin S.V. Decrease in mechanical losses in high-pressure fuel equipment of marine diesel engines // Materials of the International Conference “Scientific research of the SCO countries: synergy and integration” – 2019. – P. 139–145. DOI: 10.34660/INF.2019.15.36258.

20. Сагін С.В., Сагін С.С. Використання штучного інтелекту в ситуаціях надмірного зближення суден // Водний транспорт. Збірник наукових праць. – 2024. – Вип. 1(39). – С. 215-225. doi.org/10.33298/2226-8553.2024.1.39.22.

21. Резолюция МЕРС.174(58). Руководство по одобрению систем управления балластными водами (Р8) / Международная морская организация: комитет по защите морской среды. – 58 сессия; принята 10.10.2008: офиц. текст. – М.: Моркнига, 2011. –18 с.

23. Sagin S., Haichenia O., Karianskyi S., Kuropyatnyk O., Razinkin R., Sagin A., Volkov O. Improving Green Shipping by Using Alternative Fuels in

Ship Diesel Engines // Journal of Marine Science and Engineering. – 2025. – № 13. – P. 589. <https://doi.org/10.3390/jmse1303058924>.

24. Сагін С.В., Куропятник О.А. Визначення оптимальних режимів процесів управління випускними газами суднових дизелів // Водний транспорт: Збірник наукових праць. – 2024. – Вип. 2(40). – С. 173-185. doi.org/10.33298/2226-8553.2024.2.40.16.

25. Kuropyatnyk O. A. The use of bypass exhaust gases to ensure the environmental performance of marine diesel engines / О. А. Куropyatnyk // Суднові енергетичні установки : наук.-техн. зб. Вип. 38. – Одеса : НУ «ОМА», 2018. – С. 217-228.

26. Сагін С.В., Заблоцький Ю.В. Діагностування технічного стану суднових енергетичних установок засобів водного транспорту // Водний транспорт. Збірник наукових праць. – 2023. – № 2(38). – С. 164-175. doi.org/10.33298/2226-8553.2023.2.38.18.

27. Zablotsky Y.V. The use of chemical fuel processing to improve the economic and environmental performance of marine internal combustion engines / Yu. V. Zablotsky // Materials of the International Conference “Scientific research of the SCO countries: synergy and integration”. Part 1. August 31, 2019. Beijing, PRC. – P. 131-138. DOI. 10.34660/INF.2019.15.36257.

28. Kuropyatnyk O.A. Ensuring environmental performance indicators of marine diesel engines / О.А. Kuropyatnyk // Materials of the International Conference “Scientific research of the SCO countries: synergy and integration”. Part 1. August 31, 2019. Beijing, PRC. – P. 146-153. DOI. 10.34660/INF.2019.15.36259.

29. Сагін С.С., Сагін С.В. Забезпечення безпеки маневрування великотоннажних суден в стиснених портових водах // Водний транспорт. Збірник наукових праць. – 2024. – Вип. 3(41). – С. 208-220. doi.org/10.33298/2226-8553.2024.3.41.21.

30. Sagin S., Haichenia O., Karianskyi S., Kuropyatnyk O., Razinkin R., Sagin A., Volkov O. Improving Green Shipping by Using Alternative Fuels in

Ship Diesel Engines // Journal of Marine Science and Engineering. – 2025. – № 13. – P. 589. <https://doi.org/10.3390/jmse1303058924>.

31. IHS Fairplay Solutions Ballast Water sponsored by Guide to Treatment Systems RWO – April 2012. – 2012. – 48 p.

32. Сагін С.В., Сагін А.С. Контроль та діагностування надійності та економічності дизелів морських та річкових засобів транспорту // Суднові енергетичні установки : наук.-техн. зб. – 2023. – Вип. 46. – С. 118-131. doi: 10.31653/smf46.2023.118-131.

33. Голиков В.А. Методологія наукових досліджень : навчальний посібник / В.А. Голиков, М.А. Козьмініх, О.А. Онищенко. – Одеса : ОНМА, 2014. – 164 с.

34. Голиков В.В. Системный подход к проблеме безопасного управления судном / Голиков В. В // Судовождение. – Одесса. – 2010. – Вып. 17. – С. 51-58.

35. Побережний Р.В., Сагін С.В. Забезпечення екологічних показників дизелів суден річкового та морського транспорту // Суднові енергетичні установки: наук. -техн. зб. – 2020. – Вип. 41. – С. 5-9. DOI: 10.31653/smf340.2020.5-9.

36. Кринецкий И.И. Основы научных исследований: учебное пособие для вузов / И.И. Кринецкий. – К. ; Одесса : Вища школа, 1981. – 208 с.

37. Сагин С.В. Повышение надежности работы прецизионных пар топливной аппаратуры судовых дизелей за счет использования органических покрытий // Вісник Одеськ. нац. мор. ун-ту. – 2018. – Вип. 4(57). – С. 109-120.

38. Technical description of GloEn-Patrol TM Ballast Water Management System / PANASIA CO., LTD. – 2011. – 13 p.

39. Sagin S., Kuropyatnyk O., Matieiko O., Razinkin R., Stoliaryk T., Volkov O. Ensuring operational performance and environmental sustainability of marine diesel engines through the use of biodiesel fuel // Journal of Marine Science and Engineering. – 2024. – Vol. 12(8). – P. 1440. <https://doi.org/10.3390/jmse12081440>.

40. Сагайдак А.И. Проблема водяного балласта и пути ее решения: Матер. докл. 1-го науч.-практ. семинара по проблеме управления судовыми балласт. водами. Одесса. 2003: [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://razom.znaimo.com.ua/docs/670/index-47566.html>.

41. Заблоцкий Ю.В., Солодовников В.Г. Снижение энергетических потерь в топливной аппаратуре судовых дизелей // Проблемы техники: наук.-виробн. журнал. – 2013. – № 3. – С. 46-56.

42. Briski E. Role of domestic shipping in the introduction or secondary spread of nonindigenous species: biological invasions within the Laurentian Great Lakes / E. Briski, C.J. Wiley, S.A. Bailey // *Journal of Applied Ecology*. 2012. Vol. 49. P. 1124–1130.

43. Cangelosi A. Final report of the shipboard testing of the sodium hydroxide (NaOH) ballast water treatment system onboard the MV Indiana Harbor Great Ships Initiative / A. Cangelosi, L. Allinger, M. Balcer // Northeast-Midwest Institute, Washington, D.C., USA. 2013 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.greatshipsinitiative.org/GSI-SBF-TR-1.pdf>.

44. Cvetković M. Application of hydrodynamic cavitation in ballast water treatment/ M. Cvetković, B. Kompare, K.A. Klemenčič // *Environmental Science and Pollution Research.*, 2015. Vol. 22. № 10. P. 7422–7438.

45. Drillet G. Effects of temperature on type approval testing of ballast water treatment systems / G. Drillet, C. Schmoker, A. Trottet // *Integr. Environ. Assess. Manag.*, 2013. № 4. P. 192–195.

46. Feng D. Inactivation of *Heterosigma akashiwo* in ballast water by circular orifice plate-generated hydrodynamic cavitation / D. Feng, J. Zhao, T. Liu // *Environ. Technol.*, 2015. № 10. P. 1–10.

47. Guilbaud J. Porous membranes for ballast water treatment from microalgae-rich seawater / J. Guilbaud, A. Masse, F.C. Wolff // *Mar. Pollut. Bull.*, 2015. № 10. P. 27–29.

48. Jung Y.J. Evaluation of disinfection efficacy and chemical formation using MPUV ballast water treatment system (GloEn-Patrol) / Y.J. Jung, Y. Yoon, T.S. Pyo // *Environ.Technol.* 2012. № 9. P. 1953-1961.

49. Заблоцький Ю.В., Сагін А.С. Визначення динамічних навантажень під час зміни режимів мащення прецизійних пар паливної апаратури суднових дизелів // *Суднові енергетичні установки: наук.-техн. зб.* – 2022. – Вип. 44. – С. 121-131. doi: 10.31653/smf44.2022.121-131.

50. Nanayakkara K.N. A low-energy intensive electrochemical system for the eradication of *Escherichia coli* from ballast water: process development, disinfection chemistry, and kinetics modeling / K.N. Nanayakkara, A.K. Alam, Y.M. Zheng // *Mar. Pollut. Bull.* 2012. № 6. P. 1238-1245.

51. Seiden J.M. Biological controls on bacterial populations in ballast water during ocean transit / J.M. Seiden, R.B. Rivkin // *Mar. Pollut. Bull.* 2014. № 1. P. 7-14.

52. Сагін С.В., Куропятник О.А. Аналіз впливу біодизельного палива на екологічні та економічні показники роботи суднових дизелів // *Водний транспорт. Збірник наукових праць.* – 2025. – Вип. 1(42). – С. 180-194. doi.org/10.33298/2226-8553.2025.1.42.21.

53. Руснак Д.Ю., Сагін С.В. Забезпечення екологічних вимог при ультразвуковій десульфурізації вуглеводних палив // *Суднові енергетичні установки: наук.-техн. зб.* – 2020. – Вип. 40. – С. 49-54. DOI: 10.31653/smf340.2020.49-54.

54. Андрюшечкин Ю. Н. Анализ методов и способов управления балластными водами судов / Ю. Н. Андрюшечкин, А. К. Гусев, Д. Ю. Столповский // *European science.* – 2018. – № 1. – С. 107–110.

55. Куропятник О.А. Selection of optimal operating modes of exhaust gas recirculation system for marine low-speed diesel engines // *Materials of the International Conference “Process Management and Scientific Developments”* (Birmingham, United Kingdom, January 16, 2020. Part 4). – P. 203-211. DOI. 10.34660/INF.2020.4.52992.

56. Сагін С.В., Заблоцький Ю.В., Сагін А.С. Підвищення економічності роботи суднових середньообертових дизелів // Водний транспорт. Збірник наукових праць. – 2025. – Вип. 1(42). – С. 166-179. doi.org/10.33298/2226-8553.2025.1.42.20.

57. Заблоцький Ю. В. Исследование влияния органических покрытий на работу элементов топливной аппаратуры высокого давления судовых дизелей // Судовые энергетические установки: науч.-техн. сб. – 2015. – № 35. – С. 83-92.

58. Sagin A. S., Zablotskyi Yu. V. Reliability maintenance of fuel equipment on marine and inland navigation vessels // Austrian Journal of Technical and Natural Sciences. Scientific journal. – 2021. – № 7–8 (July – August). – P. 14-17. <https://doi.org/10.29013/AJT-21-7.8-14-17>.

59. Сагін С.В. Зниження механічних втрат у суднових середньообертових дизелях // Суднові енергетичні установки: наук.-техн. зб. – 2020. – Вип. 40. –С. 5-11. DOI : 10.31653/smf340.2020.5-11.

60. Заблоцький Ю.В. Зниження теплової напруженості суднових дизелів за рахунок використання присадок до палива / Ю.В. Заблоцький // Суднові енергетичні установки : наук.-техн. зб. Вип. 38. – Одеса : НУ «ОМА», 2018. – С. 76-87..

61. Карабаджак Н.Е. Аналіз методів очищення баластних вод суден морського транспорту / Н.Е. Карабаджак, С.В. Сагін // Матеріали V Міжнародній науково-практичній конференції «Дніпровські читання». – 05.12.2024. – Київ: Державний університет інфраструктури та технологій. – С. 68-71.

62. Борецький Є.О. Забезпечення міжнародних вимог під час проведення баластних операцій на судах морського транспорту / Є.О. Борецький // Матеріали Науково-технічної конференції молодих дослідників «Суднові енергетичні установки: експлуатація та ремонт». – 19.11.2025. – Одеса: НУ «ОМА». –С. 140-144.

63. Руководство по контролю водяного балласта судов и управлению им для сведения к минимуму переноса вредных водных и патогенных организмов. Резолюция А.868(20). 1997. 16 с. URL: <http://archive.iwlearn.net/old.globallast.imo.org/868%20russian.pdf>

64. Ballast Water Treatment Advisory [Electronic resource]. – Houston: American Bureau of Shipping, 2011. – Mode of access : <http://www.eagle.org/eagleExternalPortalWEB/ShowProperty/BEA%20Repository/References/ABS%20Advisories/BWTreatmentAdv>.

65. Guide to ballast water treatment systems [Electronic resource]. – Colorado : IHS Maritime, 2013. – Mode of access : <http://www.rwo.de/rwo/ressources/documents/1/25412,Ballast-Water-Guide-2013.pdf>.

66. Ballast water treatment systems. Guidance for ship operators on procurement, installation and operation [Electronic resource]. – London : Lloyd's Register, 2010. – Mode of access : <http://www.cnss.com.cn/uploadfile/2014/0109/20140109093334177.pdf>.

67. Guide for ballast water treatment [Electronic resource]. – Houston : American Bureau of Shipping, 2011. – Mode of access : http://www.eagle.org/eagleExternalPortalWEB/ShowProperty/BEA%20Repository/Rules&Guides/Current/187_BWT/Guide.

68. Парменова Д.Г. Визначення відповідності суден вимогам щодо енергоефективності та скорочення викидів парникових газів: методичні вказівки до практичних занять з навчальної дисципліни «Моніторинг та виконання вимог Міжнародних морських конвенцій». – Одеса: НУ ОМА, 2025. – 44 с.

69. Заблоцький Ю.В. Підвищення паливної економічності суднових дизельних установок / Ю. В. Заблоцький // Вісник Одеського національного морського університету : Зб. Наук. праць, 2020. – № 2(62). – С. 106-119. DOI 10.47049/2226-1893-2020-1-106-119.