

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ОДЕСЬКА МОРСЬКА АКАДЕМІЯ»

Навчально-науковий інститут навігації

Кафедра _____ «Морські перевезення» _____

ДИПЛОМНА РОБОТА МАГІСТРАНТА

Спеціальність 271 Морський та внутрішній водний транспорт
Спеціалізація 271.01 Навігація і управління морськими суднами

Вареника Івана Сергійовича

(прізвище, ім'я по-батькові)

Тема роботи: **Комплексне опрацювання та дослідження етапів переходу судна «Carmelia» за маршрутом Копінг – Мууга**

Підпис магістранта _____

Завідувач кафедри _____

Керівник _____

Рецензент _____

Нормоконтроль _____

м. Одеса
2025 рік

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ОДЕСЬКА МОРСЬКА АКАДЕМІЯ»

Навчально-науковий інститут навігації

кафедра _____ «Морські перевезення» _____

спеціалізація 271.01 Навігація і управління морськими суднами

"ЗАТВЕРДЖУЮ"

Завідувач кафедри

_____ " 02 " 09 2025 р.

З А В Д А Н Н Я

по дипломній роботі магістранта

Вареника Івана Сергійовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. **Тема роботи:** **Комплексне опрацювання та дослідження етапів переходу судна «Carmelia» за маршрутом Копінг – Мууга**
затверджена наказом по НУОМА від " 01 " грудня 2025 р. № 1455
2. Строк здачі курсантом закінченої роботи " 8 " грудня 2025 року
3. **Вхідні дані до роботи:**
 - Методичні вказівки для виконання магістерської роботи
 - Суднова документація по танкеру
 - Міжнародні кодекси, конвенції та резолюції;
 - Нормативно-довідкова література, інформаційні бази даних з теми судноплавства;
 - Статистичні данні, їх аналіз і висновки в сфері морського транспорту
4. **Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що підлягають розробці):**
 1. Характеристики судна
 2. Аналіз, оцінка та планування та розміщення вантажів
 3. Обробка та розміщення вантажів
 4. Оцінка морехідних якостей судна
 5. Вплив міжнародних стандартів очищення баластних вод на проектування суден
5. **Перелік графічного матеріалу:**
 1. Схематичне креслення судна
 2. Графічний план переходу
 3. Послідовність впровадження вимог до очищення баластних вод
 4. Стандарти ІМО щодо наявності біоактивних організмів
 5. Схема процесу очистки баластних вод методом коагуляції

6. Консультанти по роботі з вказанням розділів, що до неї відносяться:

Розділ	ПІБ консультанта	Підпис і дата
1. Характеристики судна	доц. Бичков Д.В.	
2. Аналіз, оцінка та планування навігаційного переходу	доц. Бичков Д.В.	
3. Обробка та розміщення вантажів	доц. Бичков Д.В.	
4. Оцінка морехідних якостей судна	доц. Бичков Д.В.	
5. Вплив міжнародних стандартів очищення баластних вод на проектування суден	доц. Бичков Д.В.	
6. Розрахунок економічних показників роботи судна в рейсі (кафедра «Менеджменту і економіки морського транспорту»)	доц. Бичков Д.В.	
7. Охоронні заходи та цивільна оборона на судні (кафедра «Судноводіння»)	доц. Бичков Д.В.	

7. Календарний план дипломної роботи магістранта

№ з/п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Характеристики судна	12.09.2025	виконано
2.	Аналіз, оцінка та планування навігаційного переходу	26.09.2025	виконано
3.	Обробка та розміщення вантажів	16.10.2025	виконано
4.	Оцінка морехідних якостей судна	30.10.2025	виконано
5.	Вплив міжнародних стандартів очищення баластних вод на проектування суден	28.11.2025	виконано
6.	Розрахунок економічних показників роботи судна в рейсі	03.12.2025	виконано
7.	Охоронні заходи та цивільна оборона на судні	08.12.2025	виконано

Дата видачі завдання 02.09.2025

Керівник _____ Завдання до виконання прийняв _____

ЗМІСТ

ВСТУП.....	
1 ХАРАКТЕРИСТИКИ СУДНА.....	
1.1 Загальні відомості і головні розміри судна	
1.2 Транспортно-експлуатаційні характеристики судна	
1.3 Маневрені характеристики.....	
1.4 Навігаційне обладнання.....	
1.5 Забезпечення непотоплюваності	
2 АНАЛІЗ, ОЦІНКА ТА ПЛАНУВАННЯ НАВІГАЦІЙНОГО ПЕРЕХОДУ	
2.1 Загальні вимоги до аналізу та плануванню навігаційного переходу.....	
2.2 Оцінка запланованого переходу	
2.2.1 Підготовка для прийому та обміну навігаційною інформацією на переході... ..	
2.2.2 Збір та аналіз гідрометеорологічної інформації	
2.2.3 Збір та аналіз навігаційної інформації при прибережному плаванні	
2.3 Навігаційні розрахунки для забезпечення безпеки плавання.....	
2.3.1 Розрахунок ортодромії.....	
2.3.2 Складання маршрутних листів	
2.3.3 Графічний план переходу	
2.3.4 Розрахунок природної освітленості	
2.3.5 Розрахунок висот приливів та побудова графіків приливів	
2.4 Висновки	
3 ОБРОБКА ТА РОЗМІЩЕННЯ ВАНТАЖІВ	
3.1 Транспортні характеристики вантажів	
3.1.1 Наливні вантажі.....	
3.2 Підготовка вантажних приміщень до прийому вантажу	

3.3 Розрахунок чистої вантажопідйомності судна.....	
3.4 Складання вантажного плану.....	
3.5 Характеристика експлуатаційних умов рейсу.....	
4 ОЦІНКА МОРЕХІДНИХ ЯКОСТЕЙ СУДНА.....	
4.1 Розрахунок водотоннажності і координат центра ваги судна.....	
4.2 Розрахунки посадки та початкової остійності	
4.3 Контроль остійності за матеріалами Інформації	
4.4 Розрахунок і побудова діаграм остійності.....	
4.5 Розрахунки нормованих параметрів остійності.....	
4.6 Перевірка виконання рекомендованих ІМО критеріїв остійності	
4.7 Контроль загальної поздовжньої міцності корпусу	
5 ВПЛИВ МІЖНАРОДНИХ СТАНДАРТІВ ОЧИЩЕННЯ БАЛАСТНИХ ВОД НА ПРОЕКТУВАННЯ СУДЕН	
5.1 Основні положення міжнародних вимог по баластним водам.....	
5.2 Огляд і аналіз судових систем очищення баласту	
5.3 Основні способи оснащення суден системою очищення баласту	
5.4 Рекомендації з вибору системи очищення баластних вод з урахуванням конструктивних особливостей судна	
6 РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ СУДНА В РЕЙСІ ¹⁸⁹	
6.1 Рейсове завдання	
6.2 Розрахунок кількісних експлуатаційних економічних показників роботи судна в рейсі.....	
6.3 Розрахунок якісних експлуатаційно-економічних показників роботи судна в рейсі.....	
6.4 Прогнозування роботи судна за експлуатаційний період.....	
6.5 Оцінка ефективності виконаного рейсу і роботи судна за експлуатаційний період.....	

7 ОХОРОННІ ЗАХОДИ І ЦИВІЛЬНА ОБОРОНА НА СУДНІ	
7.1 Прогнозування наслідків надзвичайної ситуації на об'єкті морського транспорту.....	
7.1.1 Вихідні дані (сценарій виникнення надзвичайної ситуації на об'єкті морського транспорту).....	
7.1.2 Оцінка масштабів хімічного зараження території.....	
7.1.3 Висновки і рекомендовані заходи для зменшення людських втрат	
7.1.4 Стандартні робочі процедури при отриманні повідомлення про виявлення на території портової споруди, що взаємодіє із судном, підозрілого предмета	
ВИСНОВКИ.....	
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	

Магістерська робота містить стор., рис., табл. і використаних джерела.

Проаналізовано транспортно-експлуатаційні характеристики судна.

Виконано планування навігаційного переходу.

Складено вантажний план і виконана перевірка остійності згідно вимогам ІМО.

Досліджено вплив міжнародних вимог до очищення баластних вод на конструкцію суден.

Виконано розрахунки з економічного обґрунтування рейсу і зроблений аналіз його кількісних і якісних показників.

У роботі розглянуті питання з безпеки життєдіяльності на морі, а також охоронні заходи та цивільної оборони на судні.

Ключові слова: судно, стандарт, баластні води, система управління баластними водами, система очищення баластових, коагуляція, біоциди, кавітація.

The master's thesis contains pages, fig., table. and sources used.

The transport and operational characteristics of the ship were analyzed.

The planning of the navigation transition has been completed.

A cargo plan was drawn up and a stability check was carried out in accordance with the requirements of the IMO.

The influence of international requirements for the treatment of ballast water on the design of ships has been studied.

Calculations on the economic justification of the flight were performed and an analysis of its several and quality indicators was made.

The work deals with issues of life safety at sea, as well as security measures and civil defense on ships.

Keywords: ship, standard, ballast water, ballast water management system, ballast cleaning system, coagulation, biocides, cavitation.

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. В міжнародному судноплавстві існує положення і стандарти, які визначають процедури експлуатації суден, в яких є рекомендації по баластним водам. Основним регулятором виступає The International Convention for the Control and Management of Ships Ballast Water and Sediments – ця Конвенція один з ключових документів, який містить заходи щодо захисту навколишнього середовища спрямованих на запобігання поширенню потенційно шкідливих організмів через баластні води, який вступив в чинність 8 вересня 2017 року. Реалізація втілення вимог цієї конвенції в судноплавство вимагає вирішення багатьох технічних питань. Однією з низки таких питань є оснащення суден системою очищення баласту, які побудовані до втілення в дію конвенції і її вимог. Саме конструктивні особливості мають враховуватись в виборі і реалізації процесів дообладнання суден системами з очистки баластних вод.

Метою роботи є комплексна проробка рейсу і визначення основних проблем пов'язаних з реалізацією процесів з дообладнання суден системами очищення баласту.

Об'єктом дослідження є проблеми пов'язані з втіленням вимог Міжнародної конвенції про контроль та управління судновим баластом та осадами в судноплавстві.

Предметом дослідження є системи очищення баластних вод.

Методи дослідження: аналіз інформаційних джерел з даної тематики, порівняння існуючих результатів дослідження.

Наукова новизна дослідженої теми магістерської роботи полягає в розробці рекомендацій по вибору систем очищення баластних вод.

РОЗДІЛ 1
ХАРАКТЕРИСТИКИ СУДНА

1.1 Загальні відомості і головні розміри судна

Узагальнена інформація про судно представлена у вигляді табл. 1.1 [1].

Таблиця 1.1 – Основні відомості про судно

№	Параметр	Характеристики
1.	Назва судна	Carmelia
2.	Тип судна	oil products tanker
3.	Позивний сигнал судна	5BUA4
4.	ІМО №	9452256
5.	ММСІ №	209048000
6.	Рік і місце будівництва	2009, ZHENJIANG SOPO SHIPBUILDING CO., LTD., China
7.	Клас Регістра	American Bureau of Shipping (ABS)
8.	Порт приписки	LIMASSOL
9.	Судновласник:	MT CARMELIA NAVIGATION CO LTD.
10.	Менеджмент:	PETRONAV SHIP MANAGEMENT LTD.
11.	Довжина найбільша (L), м:	100,12
12.	Довжина між перпендикулярами (L_{LL}), м:	94,0
13.	Ширина найбільша (B), м:	18,0
14.	Висота борту до верхньої палуби (H), м:	9,6
15.	Найбільше осідання (T), м:	$T_L = 6,5$; $T_T = 6,82$; $T_Z = 6,17$
16.	Осадка (T) в повному вантажу і	$T_{max} = 6,5$;

Продовження табл. 1.1

1	2	3
	порожнього, м:	$T_{min} = 2,68$
17.	Водотоннажність, т: в повному вантажу (Δ): порожньому (Δ_0):	9479,8; 2992,8
18.	Повна вантажопідйомність (Δ_w), т:	6487
19.	Головний двигун: тип: потужність, кВт: частота обертання, об/хв.:	MaK 9M25C; дизель; 2524; 750
20.	Режими роботи головного двигуна	повний вперед, середній вперед, малий вперед, самий малий вперед, самий малий назад, малий назад, середній назад, повний назад
21.	Швидкість судна, вузл.: завантаженого: в баласті:	16,5; 17,3
22.	Гребний гвинт: кількість лопастей, од.: діаметр та крок гвинта, мм.: дискове відношення: напрямок обертання:	controllable pitch 4; 4300; 2654; 0,617; right turn
23.	Тип керма і площа його пера:	semi-balanced, 19,98 m ²
24.	Тип стернової машини: підрулюючий пристрій:	electrohydraulic ARST-24, 24 tons per meter.
25.	Судова електростанція: Склад суднової радіоапаратури	VHF RT2048, VHF DSC RM2042, SART(2), NAVTEX RECEIVER NT-900,

Продовження табл. 1.1

1	2	3
	відповідає вимогам районів А3 та включає в себе:	EPIRB, JRC-MCU 331F – GMDSS Communication Console, HF SSB RE 2100, HF SSB DSC WATCHRECEIVER RM 2150, Inmarsat-C JUE-85
26.	Валова реєстрова місткість (GT):	5031
27.	Чиста реєстрова місткість (NT):	1681
28.	Добова витрата палива, т/добу: на ходу паливо: на стоянці дизельне паливо:	5,9; 1,5
29.	Координати центру мас порожнього судна:	Z = 7,42 м; X = 38,62 м

1.2 Транспортно-експлуатаційні характеристики судна

1. Схематичний план бокового виду судна з розташуванням приміщень для вантажів і запасів представлено у формі рис. 1.1 [1].

2. План верхньої палуби судна (вид зверху) показаний на рис. 1.2 [1].

3. Вантажна шкала судна показана на рис. 1.3 [1].

1.3 Маневрені характеристики

Маневрені характеристики судна представлені у вигляді «Wheelhouse poster» на рис. 1.4 [1].

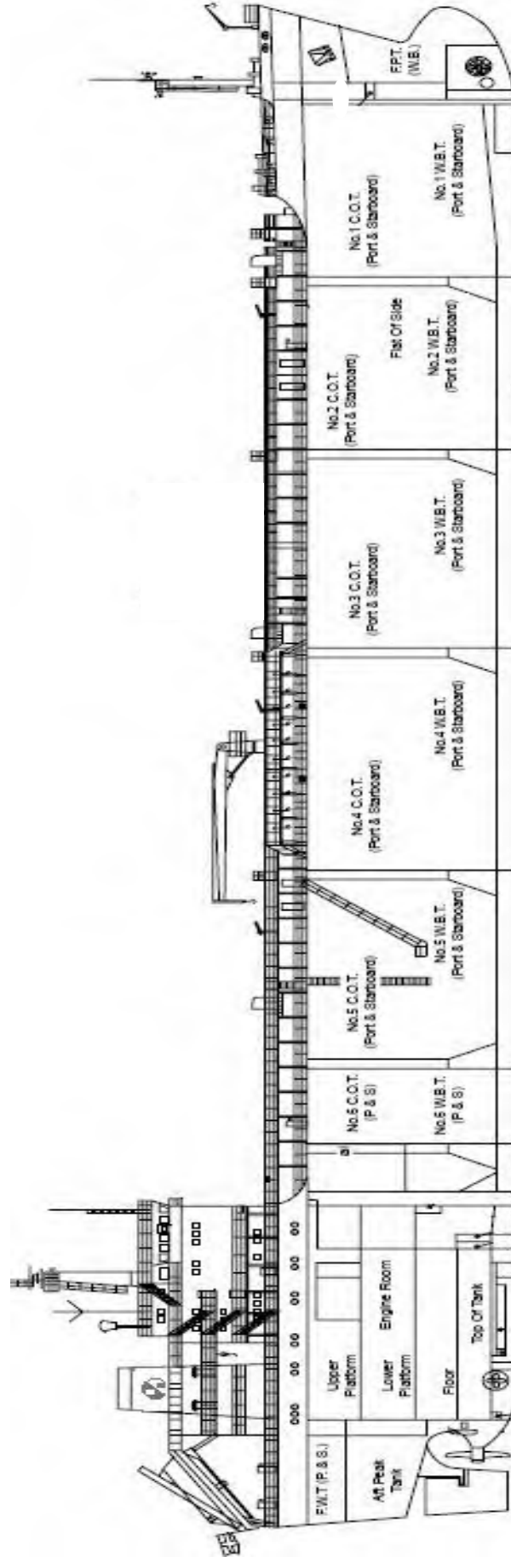


Рисунок 1.1 – Схематичний план бокового виду судна

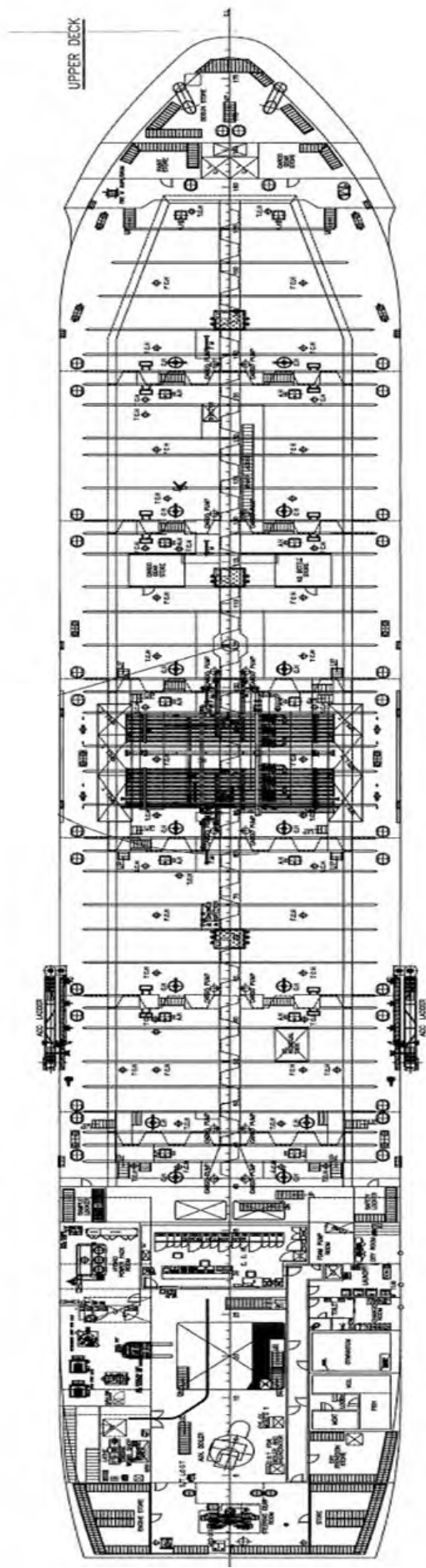


Рисунок 1.2 – План верхньої палуби судна

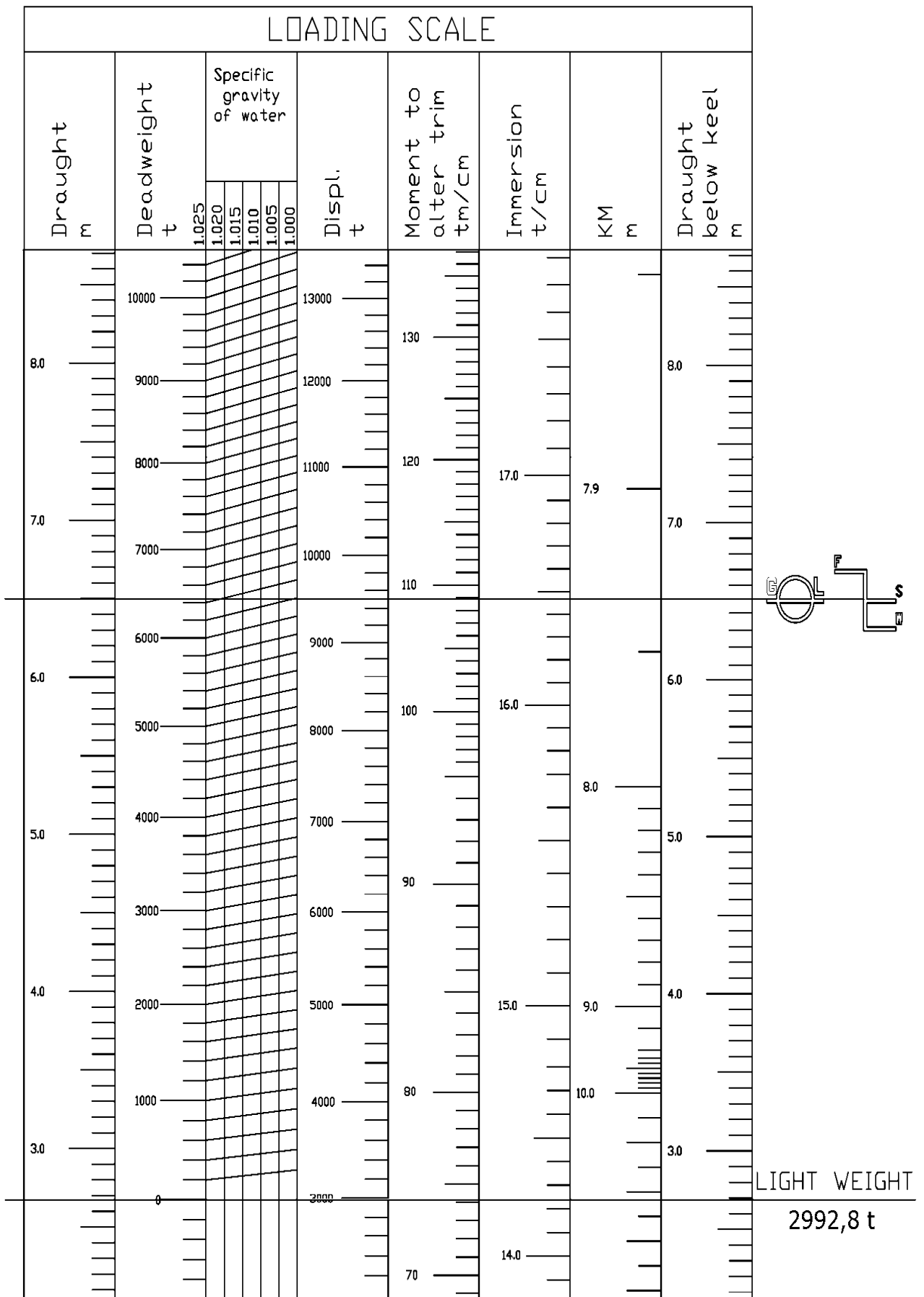


Рисунок 1.3 – Вантажна шкала судна

1.4 Навігаційне обладнання

Навігаційне устаткування судна представлено у формі табл. 1.2 [1].

Таблиця 1.2 – Технічні засоби навігації

Прилад, система	Тип, Марка
Магнітний компас	Magnetic compass SPERRYMARINE
Гірокомпас (ГК)	Gyro Compass TOKIMEC TG-5000
Лаг	Furuno, DS-50
AIS	SAAB 4
Радіолокатор	FURUNO
ПІ СНС (GPS)	FURUNO GP-31
Ехолот	F2000 SAM 4620
Автокермовий пристрій	RUMB autopilot
ECDIS	Navisailor 2000

Точносні характеристики ТЗН судна представлено в табл. 1.3.

Таблиця 1.3 – Точносні характеристики ТЗН на судні

Тип, марка ТЗН	Умови	Вимірювані навігаційні параметри	СКП одного вимірювання
Гуго Compass TOKIMEC TG-5000	Зображення, рухоме судно	Курс / пеленг	1,0 °
РЛС FURUNO	Електронний візир Шкали до 3 миль Шкали більше 3 миль	пеленг дистанція дистанція	0,5 ° 1,0% від D 0,5% від D
Ехолот	Глибини 0-20 м Глибини 20-2000 м	глибина глибина	± 0,2 м 1-1,5% від глибини

Оснащення ТЗН судна відповідає вимогам Конвенції СОЛАС-74.

1.5 Забезпечення непотоплюваності

Корпус судна є герметичним, за винятком горловини ланцюгового ящика. Всі інші закриття в корпусі судна герметичні. Судно має подвійне дно. Вздовж обох бортів головної палуби є система водовідливних шпигатів.

Конструктивно непотоплюваність судна забезпечується також пристроєм на судні осушувальних систем, вимірювальних труб, водонепроникних закриттів і т.п.

Для боротьби з водоточністю створені три аварійні пости:

Пост №1 знаходиться на головній палубі, в кормі. В ньому знаходиться жорсткий трубчатий пластир зі всіма предметами озброєння.

Пост №2 знаходиться в районі другого стандарсу. Там знаходиться аварійне майно для закладення пробоїн.

Пост №3 знаходиться в МВ, район редуктора. Там також знаходиться аварійне майно для закладення пробоїн. На судне є необхідна кількість аварійного лісу и пластирів для закладення пробоїн.

Також може використовуватись баластна система, яка призначена для зміни осадки, крену і диференту судна шляхом прийому води з-за борту в баластні відсіки і цистерни, звільненні від палива і видалення баласту з них за борт.

До складу баластної системи входять насоси, які мають наступні характеристики:

- 1) кількість і тип: два – центр обіжні;
- 2) подача, м³/год: 500 м³/год;
- 3) привід: гідравлічний.

РОЗДІЛ 2

АНАЛІЗ, ОЦІНКА ТА ПЛАНУВАННЯ НАВІГАЦІЙНОГО ПЕРЕХОДУ

2.1 Загальні вимоги до аналізу та плануванню навігаційного переходу

Всі судноводії повинні дотримуватися загальних умов та рекомендацій по відношенню до планування рейсу, для забезпечення безпечного плавання в різних умовах. Ці вимоги та рекомендації знаходяться в наступних нормативних документах та публікаціях [2-3]:

- Резолюція ІМО А.893(21) – 1999 «Керівництво по плануванню рейсу»;
- Конвенція та кодекс по підготовці та дипломуванню моряків та несенню вахти (ПДМНВ-78/95);
- Рекомендації за організацією штурманської служби на морських судах України (РІШСУ-98);
- Bridge Procedures Guide
- Bridge Team Management;

Для підвищення рівня безпеки треба щільно та заздалегідь планувати та пропрацювати перехід судна:

- Підібрати карти та посібники на маршрут та від коректувати їх;
- Забезпечити судно усією необхідною інформацією для коректури;
- Перевірити справність технічних засобів судноводіння ;
- Вивчити метеорологічний та навігаційний стан в планованому районі плавання;
- Розробити планування переходу згідно вимог Міжнародних організацій та судовласних компаній;
- Впевнитись в тому, що штурманський склад проробив, ознайомився з переходом та володіє усією необхідною інформацією, знаннями та навичками.

Планування переходу і його виконання включає в себе чотири послідовних фази [4]:

- Оцінка (Appraisal);
- Планування (Planning);
- Виконання (Execution);
- Управління (Monitoring);

Оцінка майбутнього плавання проводиться на основі зібраної інформації, яку судноводій може зібрати з таких джерел [5]:

1. Каталог карт і книг (Catalogue of Admiralty Carts and Publications NP131);
2. Навігаційних карт (Charts) – необхідно з'ясувати, на якій картографічній основі складені карти, щоб підвищити достовірність прокладки на ній обсервацій, отриманої по навігаційних супутникам;
3. Океанські шляхи світу (Ocean Passage For the World) - містить відомості про кліматичні особливості районів світу, про системи океанських течій;
4. Маршрутні і лоцманські довідкові карти;
5. Лоцїї (Pilot Books, Sailing Directions);
6. Перелік вогнів і туманних сигналів (Admiralty List of Lights and Fog Signals);
7. Табл. приливів (Tide Tables);
8. Повідомлення мореплавцям (Notices to Mariners);
9. Інформація про радіосигналах (Radio Signal Information);
10. Радіонавігаційні і місцеві попередження (Radio and Local Warnings);
11. Посадка і остійність судна (Draft and Stability of Ship).

Планування переходу складається з трьох етапів:

1. Трансокеанські перехід і відкриті морські води;
2. Прибережні води і вузькості;
3. Ділянки лоцманської проводки.

При плануванні трансокеанського переходу вибирають шлях з урахуванням оцінки майбутніх метеорологічних умов (клімату, погоди) за багаторічними даними, а також з урахуванням фактичної погоди і її прогнозу. Необхідно враховувати також океанські течії. Визначають відстань між

портами, розраховують на перехід з урахуванням штормового запасу необхідну кількість бункера, мастил, води, провізії.

Прибережне плавання і плавання в обмежених водах вимагає значно більшої уваги. Шлях обирають осторонь від небезпек з урахуванням систем розподілу руху. Беруть до уваги національні вимоги та обмеження при проходженні територіальних вод. Враховують час проходження найбільш складних ділянок, освітленість на цей час, дії приливних течій і т.п.

При виконанні переходу головним завданням є контроль за безпечним плаванням судна за маршрутом, заданому попередньої прокладкою шляхом безперервного ведення виконавчої прокладки. Виконавча прокладка полягає у веденні числення шляху судна на картах, визначенні місця судна, періодичної корекцією обсерваціями числення шляху, нанесенні на карту зчислимого і обсервованого місця судна.

2.2 Оцінка запланованого переходу

В цьому параграфі відображені результати підбору карт та посібників на майбутній перехід за маршрутом Копінг – Мууга.

Підбір карт та посібників на перехід проводиться по адміралтейському каталогу карт та посібників (Catalogue of Admiralty Charts and Publications).

Весь маршрут повинен бути укомплектований картами згідного масштабу: райони якірних стоянок, підходи к портам, вузькості та ділянки з стислими умовами – великомасштабними картами (1:50000 та більше, часні), райони морського плавання та подалі від берега – путьовими картами (1:300000), океанські переходи – картами-сітками; а також підбір відповідних генеральних карт [6].

Також проводиться підбір посібників та публікацій згідно району плавання.

Відомості про підібрані карти зведені до табл. 2.1 [7].

Таблиця 2.1 – Перелік карт на перехід

Тип карти	Cell No.	Назва карти	Дата випуску
паперова	259	Baltic Sea	Oct. 2022
	800	Koping and approaches	Jul. 2022
	802	Malaren Western Part	Jul. 2022
	810	Malaren Eastren Part	Jul. 2022
	845	Sodertalje and Approaches	Apr. 2022
	839	Southern Approaches to Sodertalje fm Landsort to Bjorno	Jun. 2022
	837	Landsort to Nynashamn	Nov. 2020
	2241	Entrance to The Gulf of Finland	Jul. 2021
	2248	Gulf of Finland – Western Part	Jan. 2018
	2225	Muuga Sadam and Approaches	Aug. 2004
Non-Navigational Charts			
	D6083	Load Line Regulations	Aug. 2018
	5006	The World Time Zone	Dec. 2021
	5000	Astronomical Chart– Azimuth Diagram – Modified Weir (Latitude 0°-65°)	Oct. 1950
	D6018	Plotting Sheet for Astro Fixing	-
	5375	Magnetic variation. 2015 and Annual rates of Change - North Atlantic Ocean and Mediterranean Sea	2015
	5309	World General Surface Current Distribution	2016

Список публікацій на перехід представлено у табл. 2.2 [8-17].

Таблиця 2.2 – Перелік публікацій на перехід

Номер	Назва посібника
1	2
Admiralty List of Radio Signals	
281(1)	Part 1, Maritime Radio Stations: Europe, Africa and Asia
282	Radio Aids to Navigation, Satellite Navigation Systems, Legal Time
283(1)	Part 1, Maritime Safety Information Services: Europe, Africa and Asia
284	Meteorological Observation Station
285	Global Maritime Distress and Safety System (GMDSS)
286(3)	Volume 6- Part 3, Pilot Services, Vessel Traffic Services and Port Operations: Baltic Sea, Gulf of Finland and Russia
Admiralty Sailing Directions (Pilots) (ASD)	
19	Baltic Pilot, Vol 2
20	Baltic Pilot, Vol 3
Admiralty Tide Tables (ATT)	
202	East America, Mediterranean Sea and Atlantic Ocean
Miscellaneous Tidal Publications	
120	Admiralty Manual of Tides
Admiralty List of Light & Fog Signals	
76	Volume C , Baltic Sea including Kattegat, Belts and Sound
Astronomical Publications	
323	Star Finder and Identifier
	Brown's Nautical Almanac 2023
Miscellaneous Publications	
100	The Mariners Handbook
136(1)	Ocean Passages for the World (2021)

Продовження табл. 2.2

1	2
131	Catalogue of Admiralty Charts and Publications (2023)
294	How to Correct your Charts the Admiralty Way
735	IALA Maritime Buoyage System, Edition 5, 1994
5011	Symbols and Abbreviations used on Admiralty Charts, Edition 8, 2020
Software	
	Fairplay 2022 – World Shipping Encyclopedia
	Ports Guide 2022
	Program Distance Tables 2022

2.2.1 Підготовка до прийому та обміну навігаційною інформацією на переході

З посібника ALRS 283 вибираємо інформацію, необхідну для одержання факсимільних карт погоди на маршруті переходу, яку зводимо в табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Радіостанції факсимільних гідрометеорологічних передач

№	Радіостанція	Позначення і межі карти	Зміст передачі	Час передачі
1	Nothwood	54°N 82°W 26°N 45°W 54°N 51°E 28°N 12°E	Surface Analysis	0400(00)
				0900(06)
				1500(12)
				1800(12)
			Significant Wind Areas	0748(00)
				T+24 2112(12)

З посібника ALRS 285 вибираємо інформацію про райони NAVAREA і станціях NAVTEX по маршруту переходу. Данні зведені до табл. 2.4.

Таблиця 2.4 – Райони NAVAREA, станції NAVTEX на переході

№	Ділянка переходу	Район NAVAREA	Станції NAVTEX	Координатор NAVAREA
1	Балтійське море	I	Tallinn[U]	UK

З посібника ALRS 286 визначаємо наявність по маршруту контрольних постів, районів, де здійснюється керування рухом суден постами СУРС, розв'язують питання про зв'язок з контрольними станціями і постами – строках, формі та способах подачі інформації.

З'ясовують деталі зв'язку з лоцманськими станціями і операторами терміналів у портах. Отримані відомості зводять у табл. 2.5 і 2.6

Таблиця 2.5 – Зв'язок на переході та СУРС

№	Станція	Спосіб зв'язку	Канали, частоти	Примітка
1	Koping	VHF	16, 12, 14	Call: Koping Hamnradio
2	Sodertalje Kanal	VHF	16, 68, 14	When passing through Kanal call bridges: Malarbron, Slussborn (they divide Rfyfk jn sectors)
4	Muuga Pilots and Port	VHF	16; 12; 13; 09	Call sign, name of ship, IMO number, Next port of Call, ETA, LOA, Draught

СУРС по маршруту переходу приведено в табл. 2.6.

Таблиця 2.6 – СУРС по маршруту переходу

№	СУРС	Станція	VHF	Примітка
1	Mandatory Ship reporting System GOFREP (Gulf of Finland reporting)	Tallinn Traffic	16, 61	Vessels entering area report: name, call sign, IMO number, position, destination, ETA, draft.

2.2.2 Збір та аналіз гідрометеорологічної інформації

Узагальнюючи основні погодні умови складемо табл. 2.6 і табл. 2.7 [11].

Таблиця 2.6 – Атмосферний тиск і розшифровка «роз вітрів»

Характеристики за ділянками	Порт відходу Копінг	Балтійське море	Порт приходу Мууга
1	2	3	4
Атмосферний тиск, мм р. ст.	761	695	599
Напрявлен-ня вітру	Повторюваність вітру, %	Повторюваність вітру, %	Повторюваність вітру, %
N	5	8	5
NE	4	6	10
E	12	6	13
SE	11	6	8
S	31	15	14
SW	15	12	18
W	13	37	2
NW	9	11	2

Продовження табл. 2.6

1	2		3		4	
Результуючий вітер	Направл., румб	S	Направл., румб	S	Направл., румб	E
	швидк., м/с	7	швидк., м/с	6	швидк., м/с	6
Максим. швидкість вітру, м/с	Спост.	6,2	Спост.	5,1	Спост.	5,5
	Розрах.	7-8	Розрах.	8-9	Розрах.	10-11
Повторюваність штилів, %	0		3		10	
Схема «Рози вітрів»	Відображено на графічному плані		Відображено на графічному плані		Відображено на графічному плані	

В табл. 2.7 приведені гідрометеорологічні характеристики рейсу [8, 12].

Таблиця 2.7 – Видимість, водний і тепловий режим атмосфери, гідрометеорологічні характеристики

Характеристики за ділянками		Порт відходу	Балтійське море	Порт приходу
1		2	3	4
Температура повітря, °С		19	18	18
Температура води, °С		14,2	14,5	14
Відносна вологість, %		74	73	85
Повторюваність туманів, діб		5	1	4
Видимість менше 2 миль		7	3	0
Хмарність, бали		0	5	6
Солоність води, ‰		22,4	6-8	20,5
Щільність води, г/см ³		1,000-1,025	1,024	1,025
Постійні течії	назва	Внутрішні течії Балтійського моря		
	направлення	SW	SW / NE	NE
	швидкість, вузл	0,1-0,2	0,1-0,5	0,1-0,5
	стійкість	≥50	≥50	≥50

Продовження табл. 2.7

1		2	3	4
Швидкість приливних течій, вузл		≥ 1	≥ 1	≥ 1
Висота хвиль, м	середня	≥ 1	≥ 1	≥ 1
	максимальна	2	1,5	1
Період хвиль, с		5	5	5

Опис метеорологічних умов дозволяє спрогнозувати умови плавання на усіх ділянках плавання.

2.2.3 Збір та аналіз навігаційної інформації при прибережному плаванні

Порт Копінг (Швеція) [13]

Порт розташований на західному кінці озера Меларен, на Балтійському узбережжі. В основному порт експортує зерно, також такі вантажі як цемент, залізо, лісоматеріали. Імпорт в основному спеціалізується на мінеральних добривах, паливо, вугіллі, чушках, металобрухті і ген. вантажів. Близько 1500000 т вантажу переробляється щорічно.

У порту діє з 1-го листопада по 31 березня зимова вантажна марка, з 1-го квітня по 31 жовтня літня .

Максимальні розміри для каналу Содертальє: довжина-максимальна 143 м, ширина 19,6. Максимальна осадка в озері Малар 6,8 м.

Навігація: Дистанція від Копінга до моря становить 103 морські милі. Вхідний фарватер порту заглиблений до 7,6 метра і ширина дна 60 метрів. Пріоритет віддається суднам на відході.

Лоцманська станція на озері Малар на Содертальє дає інформацію про максимальні підходящі розміри для суден. З позиції в 2,5 кбт. на південь від хвилеріза, між зовнішніми буями фарватеру судно центрується по напрямку

311,5° створних вогнів Копінгу, провідних на 3,3 морські милі на північний захід через центр вхідного каналу, позначених іменнованими латеральними буюми, для входу в зовнішній басейн, залишивши позаду буй номер 3 (по правому борту).

Лоцманська проводка починається від системи поділу Седертельє, лоцман сідає на Лендсорті.

Може бути надана якірна стоянка, на схід від гирла вхідного каналу, глибини більше 8 метрів, глина.

Приливні і нагонні течії відсутні.

Переважають південно-західні вітри. Взимку поширені криги, але канал відкритий цілий рік, працюють буксири-криголами.

У порту можливе отримання провізії, прісної води, бункера. Можлива задача сміття.

Документи необхідні для оформлення приходу/відходу судна:

- General Declaration;
- Cargo Declaration;
- Ship's Stores Declaration;
- Crew's Effects Declaration;
- Crew List;
- Passenger List;
- Cargo Manifest.

Схема порту представлена на рис. 2.1.

Порт Мууга, Естонія (59° 29.0' N; 024° 57.0' E) GMT [13]

Порт Мууга є найбільшим в Естонії морським торговим портом міжнародного значення. Порт Мууга - морський торговельний порт (МТП) у повіті Харьюмаа у північно-центральної частині Естонії на березі затоки Мууга (складова Фінської затоки). Розташований на південному узбережжі Фінської затоки, за 13 км до північного сходу від Таллінна, в Маарду. Знаходиться на адміністративній території міста Маарду, також

займає землі сіл Мууга та Уускюла. Код порту: EE MUU. Входить до складу порту Таллінн.

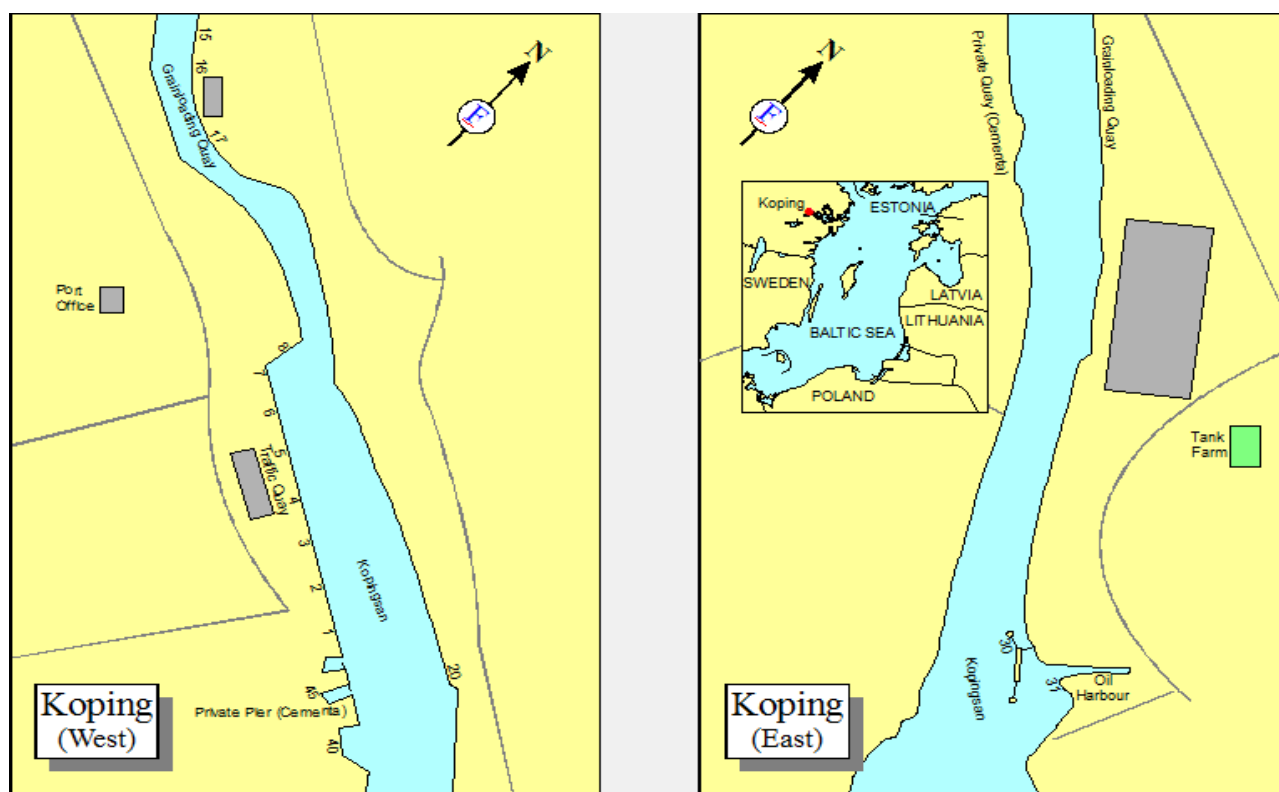


Рисунок 2.1 – План порту Копінг

Мууга є одним з небагатьох незамерзаючих портів Північної Європи і серед найглибших (до 18 м) і найсучасніших портів в регіоні Балтійського моря. Обсяг перевалки вантажів складає близько 80% від загального обсягу вантажів порту Таллінн і приблизно 90% обсягу транзитних вантажів, що проходять через Естонію. Майже 3/4 завантаженого вантажу порту Мууга є сировиною нафтою і нафтопродуктами, порт також служить для сухих навалювальних вантажів (головним чином добрива, зерно і вугілля) та інших видів вантажів.

У порту діє вантажна марка: Зимово північно-атлантична, Зимово з 1 листопада по 31 березня; Літня вантажна марка з 1 квітня по 31 жовтня.

Лоцманська проводка обов'язкова для всіх судів понад 50 метрів. Лоцманська станція розташована к NE від фарватера у затоці Мууга (шир. 59

39,0 'пн.ш., довг. 025 05,4' в.д.) та к NW від фарватера (шир. 59 39,0 'пн.ш., довг. 024 44' в.д.), 3 милі на північ від Таллінського підходного буя No1.

Всі пересування в межах порту вимагають дозволу капітана порту.

Лоцмана викликають «Muuga Loots» на 16 УКХ-каналі і працюють на каналах 13 та 71. Контактний телефон: +372 (6) 053824.

Підходи: Глибина води в затоці Мууга до 90,0 м.

Підхід до порту позначений провідними вогнями та маяками.

Райони якірних стоянок розташовані в затоці Мууга, 1,5 милі на Північ від входу в гавань, на глибинах 15,0 - 30,0 м .; 1,5 милі на південь від острова Пранглі, на глибинах 17,0 - 60,0 м. і в затоці Іхасалу, на глибинах 19,0 - 38,0 м.

Щільність води: 1000-1010, практично прісна вода.

Переважають західні вітри.

Лоцманська проводка і швартовні операції забезпечує черговий капітан порту. Буксири замовляє агент. Документи для оформлення приходу/відхода судна:

- Master's Declaration(UK Form);
- General Declaration;
- Cargo Declaration;
- Ship's Stores Declaration;
- Crew's Effects Declaration;
- Crew List;
- Passynger's List;
- Cargo Manifest.

Схема порту представлена на рис. 2.2.

Всі дані і свідчення пеленгів і дистанцій з використанням ЗНО наведені в «PASSAGE PLAN», складеного за стандартами Компанії та задовольняючого всім вимогам «Bridge Team Management».

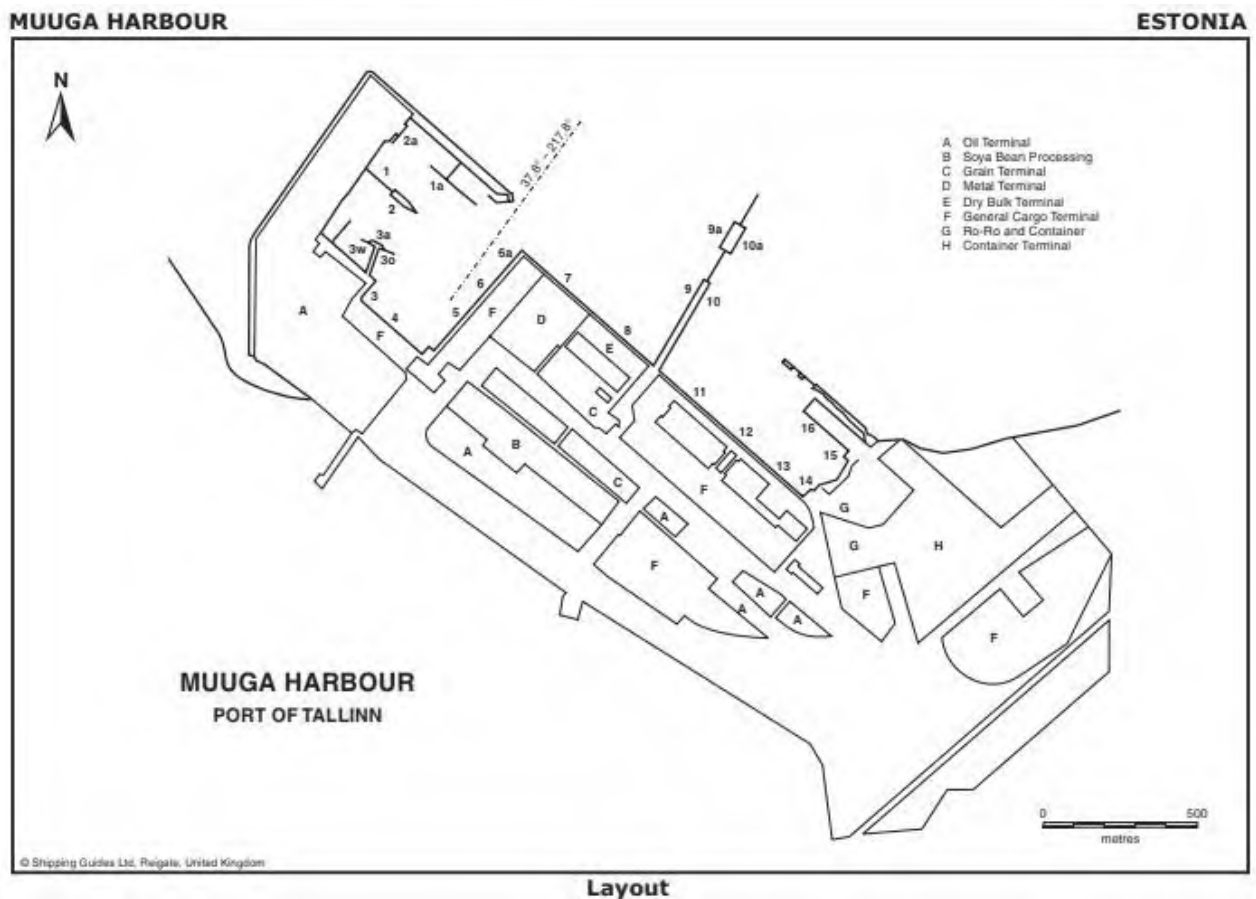


Рисунок 2.2 – План порту Мууга

При розгляді підходів до порту і районів зі змішаними умовами судноводії уточнюють [14]:

- загальну навігаційно-гідрографічну характеристику району, особливості узбережжя, рельєф дна і глибини, подробиці проміру, наявність банок, мілин і їх близькість до фарватерів і рекомендованих курсів;

- гідрологічні особливості: величину коливань рівня моря приливи і відливи;

- розташування районів інтенсивного руху суден і поромів, лову риби, розвідки і видобутку нафти і газу;

- ЗНО морів, забезпеченість району плавання зоровими, радіотехнічними та іншими ЗНО, режим і стабільність їх роботи, можливість визначення місця судна.

Дані по ЗНО на переході Копінг – Мууга приведені в табл. 2.8 [15].

Таблиця 2.8 – ЗНО використовувані на переході

N п/п	Назва	Координати φ і λ	Дальність бачення, мили	Характери- стики
1	Torpagrund	59° 26,5' N 016° 10,1' E	7,0	Fl(2) 6,0 s
2	Espholmen	59° 26,7' N 016° 14,5' E	6,0	Fl.R. 3,0s
3	Halligon	59° 29,4' N 016° 51,9' E	4,0	Q 1,0s
4	Stavskalen	59° 28,3' N 016° 31,5' E	4,0	Fl(2)R. 6,0s
5	Bornhuuvd	59° 16,1' N 017° 34,7' E	7,0	Iso R.G. 4,0s
6	Landsorts Bredgrund	59° 14,8' N 020° 10,1' E	19,0	Iso R.G. 4,0s
7	Kopu	58°55.018N 022°12.072E	26	Fl.(2) W. 10s
8	Tallinna madal	59°42.726N 024°43.856E	10	Fl.(2) W. 15s
9	Muuga.Front	59°32.981N 024°58.200E	7	Q(3)+LFl.W10 s

2.3 Навігаційні розрахунки для забезпечення безпеки плавання

2.3.1 Розрахунок ортодромії

Однієї з головних завдань штурмана є забезпечення безпечного переходу судна з одного порту в іншій по найбільш економічно вигідному шляху з урахуванням ряду факторів, наприклад, безпека вантажу, комфортабельність пасажирів. Але насамперед звичайно є безпека судна, людей і вантажу. Основою для вибору шляху в океані є ортодромія, або дуга великого кола (ДВК), яка завжди коротше локсодромії або дорівнює їй.

Найкоротший шлях по ДВК проходить у більш високих широтах і може завести в зону штормів і айсбергів, тому при плаванні необхідно враховувати прогнозовану на 3-5 діб метеообстановку.

При плаванні по екватору і меридіану або поблизу їх ортодромія і локсодромія збігаються. Але зі збільшенням широти на курсах одмінних від 0 або 180 (ця різниця зростає). Для розрахунків ДВК існує кілька методів [16].

Через те, що перехід Копінг – Мууга не містить океанського переходу, розрахунки будуть виконуватись в якості прикладу для наступних точок:

початок: $\varphi_1 = 49^\circ 08,5' \text{ N}$, $\lambda_1 = 005^\circ 59,7' \text{ W}$;

кінець: $\varphi_2 = 18^\circ 30,1' \text{ N}$, $\lambda_2 = 067^\circ 58,3' \text{ W}$

Розрахунки виконаємо в табл. 2.9.

Таблиця 2.9 – Розрахунок локсодромії

фк	18°30,1'N	МЧ	1122,6	λк	067°58,3'W	К	58,7°
фн	49°08,5'N	МЧ	3377,6	λн	005°59,7'W	S	3533,9
РШ	30°38,4' до S	РМЧ	-2255,0	РД	061°58,6' до W		

Виконаємо розрахунок ортодромії в табл. 2.10.

Таблиця 2.10 – Розрахунок ортодромії

$\sin \varphi_1 \cdot \sin \varphi_2$	+	0,24000
$\cos \varphi_1 \cdot \cos \varphi_2 \cdot \cos(\lambda_2 - \lambda_1)$	+	0,29147
$\cos D$		0,53147
D		3473,7

$$\lambda_o = \frac{(\lambda_K + \lambda_H)}{2} - a \tan \left[\operatorname{tg} \left(\frac{\lambda_K - \lambda_H}{2} \right) \cdot \sin(\varphi_K + \varphi_H) \operatorname{cosec}(\varphi_K - \varphi_H) \right] \quad (2.1)$$

$$\operatorname{ctg} K_o = \operatorname{tg} \varphi_K \operatorname{cosec}(\lambda_K - \lambda_o) \quad (2.2)$$

Результати розрахунків заносимо в табл. 2.11.

Таблиця 2.11 – Поворотні точки ортодромії

№	λ_i	φ_i	Курс	Відстань
Start	005°59,7' W	49°08,5' N	—	—
1	010°00,0' W	48°39,8N	259,8 °	161,07 nm
2	020°00,0' W	46°47,5N	254,6 °	420,08 nm
3	030°00,0' W	43°49,9N	247,3 °	458,76 nm
4	040°00,0' W	39°34,0N	240,4 °	516,63 nm
5	050°00,0' W	33°43,3N	234,0 °	596,04 nm
6	060°00,0' W	26°01,6N	228,5 °	695,61 nm
End	067°58,3' W	18°30,1' N	224,5 °	632,28 nm

Висновок: З огляду на те що при плаванні через Атлантичний океан різниця між локсодромією і ортодромії складе $3533,9 - 3480,5 = 53,4$ милі, маршрут судна буде протікати по ортодромії, оскільки різниця у відстані істотна.

2.3.2 Складання маршрутних листів

Табличний план переходу (Маршрутний лист) є обов'язкової складової планування переходу. Його готують одночасно з розрахунками для графічного плану переходу. Маршрутний лист у хронологічному порядку відображає всі події протягом рейсу по переходу. Крапка повороту (waypoint) позначає основну подію. Наступні події між крапками переходу можуть бути представлені у вигляді попереджуючих крапок (alerts).

В табл. 2.12 представлений маршрутний лист, що включає в себе необхідні для судна дані при плаванні, включно з прибережним плаванням в вузькостях і портових водах з лоцманом на борту.

Таблиця 2.12 – Маршрутний лист

№ WP	ПК, град.	Відс-тань, миль	Швид-кість, вузл.	Час плавання г:хв	Поворотні точки та їх положення відносно примітних орієнтирів					
					Дата і час	φ	λ	ПП	D, миля	Назва орієнтиру
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0	-	-	-	-	16-06 11:30	59° 27,920' N	016° 06,145' E	-	-	Pilotage
1	130,9	2,21	6	00d 00h 08m	16-06 11:38	59° 26,475' N	016° 09,425' E	074	0,36	Torpgrund
2	085,7	0,40	16	00d 00h 01m	16-06 11:39	59° 26,505' N	016° 10,206' E	328	0,08	Torpgrund
3	069,4	1,74	16	00d 00h 06m	16-06 11:46	59° 27,118' N	016° 13,402' E	-	-	GPS
4	113,5	0,67	16	00d 00h 02m	16-06 11:48	59° 26,851' N	016° 14,606' E	185	0,1	Espholmen
5	076,4	0,92	16	00d 00h 03m	16-06 11:52	59° 27,068' N	016° 16,363' E	093	0,26	Smaholm Front
6	086,2	1,38	16	00d 00h 05m	16-06 11:57	59° 27,159' N	016° 19,054' E	-	-	GPS/Radar
7	075,3	0,50	16	00d 00h 01m	16-06 11:59	59° 27,285' N	016° 19,995' E	-	-	GPS/Radar
8	082,1	0,44	16	00d 00h 01m	16-06 12:00	59° 27,346' N	016° 20,854' E	-	-	GPS/Radar

Продовження табл. 2.12

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
9	094,1	0,56	16	00d 00h 02m	16-06 12:03	59° 27,306' N	016° 21,943' E	-	-	GPS/Radar
10	078,6	0,81	16	00d 00h 03m	16-06 12:06	59° 27,467' N	016° 23,508' E	-	-	GPS/Radar
11	079,8	2,69	16	00d 00h 10m	16-06 12:16	59° 27,941' N	016° 28,698' E	-	-	GPS/Radar
12	083,2	1,66	16	00d 00h 06m	16-06 12:22	59° 28,138' N	016° 31,927' E	312	0,23	Stavskalen
13	098,6	3,13	16	00d 00h 11m	16-06 12:34	59° 27,672' N	016° 37,988' E	-	-	GPS/Radar
14	065,3	3,02	16	00d 00h 11m	16-06 12:45	59° 28,932' N	016° 43,362' E	-	-	GPS/Radar
15	060,3	3,40	16	00d 00h 12m	16-06 12:58	59° 30,611' N	016° 49,149' E	-	-	GPS/Radar
16	123,2	3,65	16	00d 00h 13m	16-06 13:11	59° 28,617' N	016° 55,143' E	-	-	GPS/Radar
17	155,2	1,51	16	00d 00h 05m	16-06 13:17	59° 27,253' N	016° 56,383' E	-	-	GPS/Radar
18	175,3	0,75	16	00d 00h 02m	16-06 13:20	59° 26,511' N	016° 56,504' E	-	-	GPS/Radar
19	137,3	2,66	16	00d 00h 09m	16-06 13:30	59° 24,557' N	017° 00,037' E	-	-	GPS/Radar
20	143,6	2,49	16	00d 00h 09m	16-06 13:39	59° 22,560' N	017° 02,927' E	-	-	GPS/Radar
21	076,8	1,84	16	00d 00h 06m	16-06 13:46	59° 22,981' N	017° 06,436' E	-	-	GPS/Radar
22	127,2	1,22	16	00d 00h 04m	16-06 13:51	59° 22,244' N	017° 08,340' E	-	-	GPS/Radar
23	090,4	1,06	16	00d 00h 03m	16-06 13:55	59° 22,236' N	017° 10,412' E	-	-	GPS/Radar
24	108,5	1,12	16	00d 00h 04m	16-06 13:59	59° 21,882' N	017° 12,484' E	-	-	GPS/Radar
25	121,4	0,62	16	00d 00h 02m	16-06 14:01	59° 21,559' N	017° 13,520' E	-	-	GPS/Radar
26	086,6	0,64	16	00d 00h 02m	16-06 14:04	59° 21,597' N	017° 14,759' E	-	-	GPS/Radar

Продовження табл. 2.12

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
27	076,8	0,13	16	00d 00h 00m	16-06 14:04	59° 21,627' N	017° 15,010' E	-	-	GPS/Radar
28	091,1	0,36	16	00d 00h 01m	16-06 14:05	59° 21,620' N	017° 15,706' E	-	-	GPS/Radar
29	114,5	1,83	16	00d 00h 06m	16-06 14:12	59° 20,865' N	017° 18,950' E	-	-	GPS/Radar
30	125,6	1,92	16	00d 00h 07m	16-06 14:19	59° 19,748' N	017° 21,999' E	-	-	GPS/Radar
32	114,4	2,04	16	00d 00h 07m	16-06 14:44	59° 17,476' N	017° 33,707' E	-	-	GPS/Radar
33	165,2	2,07	16	00d 00h 07m	16-06 14:51	59° 15,479' N	017° 34,736' E	-	-	GPS/Radar
34	158,1	4,26	16	00d 00h 15m	16-06 15:07	59° 11,533' N	017° 37,836' E	-	-	GPS/Radar
35	132,2	1,17	16	00d 00h 04m	16-06 15:12	59° 10,746' N	017° 39,525' E	-	-	GPS/Radar
36	165,8	3,71	16	00d 00h 13m	16-06 15:26	59° 07,162' N	017° 41,292' E	-	-	GPS/Radar
37	180,0	1,23	16	00d 00h 04m	16-06 15:30	59° 05,939' N	017° 41,292' E	-	-	GPS/Radar
38	200,7	1,15	16	00d 00h 04m	16-06 15:35	59° 04,866' N	017° 40,505' E	-	-	GPS/Radar
39	165,0	4,90	16	00d 00h 18m	16-06 15:53	59° 00,141' N	017° 42,955' E	-	-	GPS/Radar
40	180,8	7,91	16	00d 00h 29m	16-06 16:23	58° 52,251' N	017° 42,729' E	-	-	GPS/Radar
41	167,9	2,83	16	00d 00h 10m	16-06 16:33	58° 49,488' N	017° 43,874' E	099	0,25	Vattklubben
42	152,0	2,85	16	00d 00h 10m	16-06 16:44	58° 46,978' N	017° 46,449' E	-	-	GPS/Radar
43	138,8	2,83	16	00d 00h 10m	16-06 16:54	58° 44,856' N	017° 50,024' E	-	-	GPS/Radar
44	135,6	1,86	16	00d 00h 06m	16-06 17:01	58° 43,533' N	017° 52,514' E	357	0,30	Landsorts Bredgrund
45	036,6	0,90	16	00d 00h 03m	16-06 17:05	58° 44,257' N	017° 53,546' E	-	-	GPS/Radar

Продовження табл. 2.12

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
46	037,1	3,89	16	00d 00h 14m	16-06 17:19	58° 47,354' N	017° 58,060' E	089	0,17	Scrapan
47	068,8	20,72	16	00d 01h 17m	16-06 18:37	58° 54,824' N	018° 35,243' E	-	-	GPS/Radar
48	076,0 °	129,04 nm	16,0 kt	00d 08h 03m	17-06 02:59	59° 25.889' N	022° 38.576' E	-	-	GPS/Radar
49	073,3 °	6,03 nm	16,0 kt	00d 00h 22m	17-06 03:22	59° 27.621' N	022° 49.888' E	-	-	GPS/Radar
50	071,5 °	49,99 nm	16,0 kt	00d 03h 07m	17-06 06:29	59° 43.405' N	024° 23.183' E	-	-	GPS/Radar
51	111,4 °	12,04 nm	16,0 kt	00d 00h 45m	17-06 07:15	59° 39.014' N	024° 45.297' E	194	3,24	Aegna
52	123,5 °	10,37 nm	6,0 kt	00d 01h 43m	17-06 08:58	59° 33.305' N	025° 02.317' E	261	2,13	Muuga Front
53	217,1 °	4,25 nm	6,0 kt	00d 00h 42m	17-06 09:41	59° 29.924' N	024° 57.285' E	086	0,26	Muuga Hbr Quay
54	255,8 °	0,25 nm	6,0 kt	00d 00h 02m	17-06 09:43	59° 29.863' N	024° 56.810' E	080	0,84	Muuga Hbr Quay
55	163,4 °	0,07 nm	6,0 kt	00d 00h 00m	17-06 09:44	59° 29.793' N	024° 56.851' E			Berth

За результатами попередньої прокладки довжина шляху переходу дорівнює 326,6 морські милі. За умовами чартеру, задана швидкість – 16,0 вузл. З чартерною швидкістю перехід займає – 22 годин 14 хвилин.

2.3.3 Графічний план переходу

Результати навігаційного планування переходу оформляємо у вигляді графічного плану переходу. На графічному плані наноситься наступна

інформація: курс судна (ортодромія чи локсодромія), назви портів відходу/заходу, основні течії, рози вітрів.

Графічний план переходу представлений на рис. 2.3.

2.3.4 Розрахунок природної освітленості

Природня освітленість суттєво впливає на безпеку плавання, як про це свідчить аварійна статистика. Судноводію необхідно знати час настання цивільних і навігаційних сутінків, час заходу і сходу Сонця і Місяця.

У момент навігаційних сутінків проводяться виміри висот зірок і планет для визначення місця судна астронавігаційними способами, у момент заходу Сонця спускають Державний прапор, прапори і вимпели.

Для проходу небезпечних ділянок, вузькостей, каналів, проток, входу або виходу в портах слід завчасно знати світлий час доби.

Виробнича діяльність судна також іноді залежить від світлого часу.

Наведемо приклад розрахунку елементів освітленості на 17.06.2023.

$\varphi = 59^{\circ} 27.7' \text{ N}$, $\lambda = 022^{\circ} 49.7' \text{ W}$ по Nautical Almanac 2023.

Twilight		Sunrise		Sunset		Twilight	
LMT	All night	LMT	02 56	LMT	21 05	LMT	All night
$+\Delta T_{\varphi}$		$+\Delta T_{\varphi}$	+7	$+\Delta T_{\varphi}$	+7	$+\Delta T_{\varphi}$	
$+\Delta T_{\lambda}$		$+\Delta T_{\lambda}$	-	$+\Delta T_{\lambda}$	-	$+\Delta T_{\lambda}$	
C. MT		C. LMT	03 03	C. LMT	21 12	C. LMT	
$\pm \lambda$		$\pm \lambda$	- 01 30	$\pm \lambda$	- 01 30	$\pm \lambda$	
GMT		GMT	01 33	GMT	19 42	GMT	
$\pm \text{ZD}$		$\pm \text{ZD}$	+ 1	$\pm \text{ZD}$	+ 1	$\pm \text{ZD}$	
ZT		ZT	02 33	ZT	20 42	ZT	

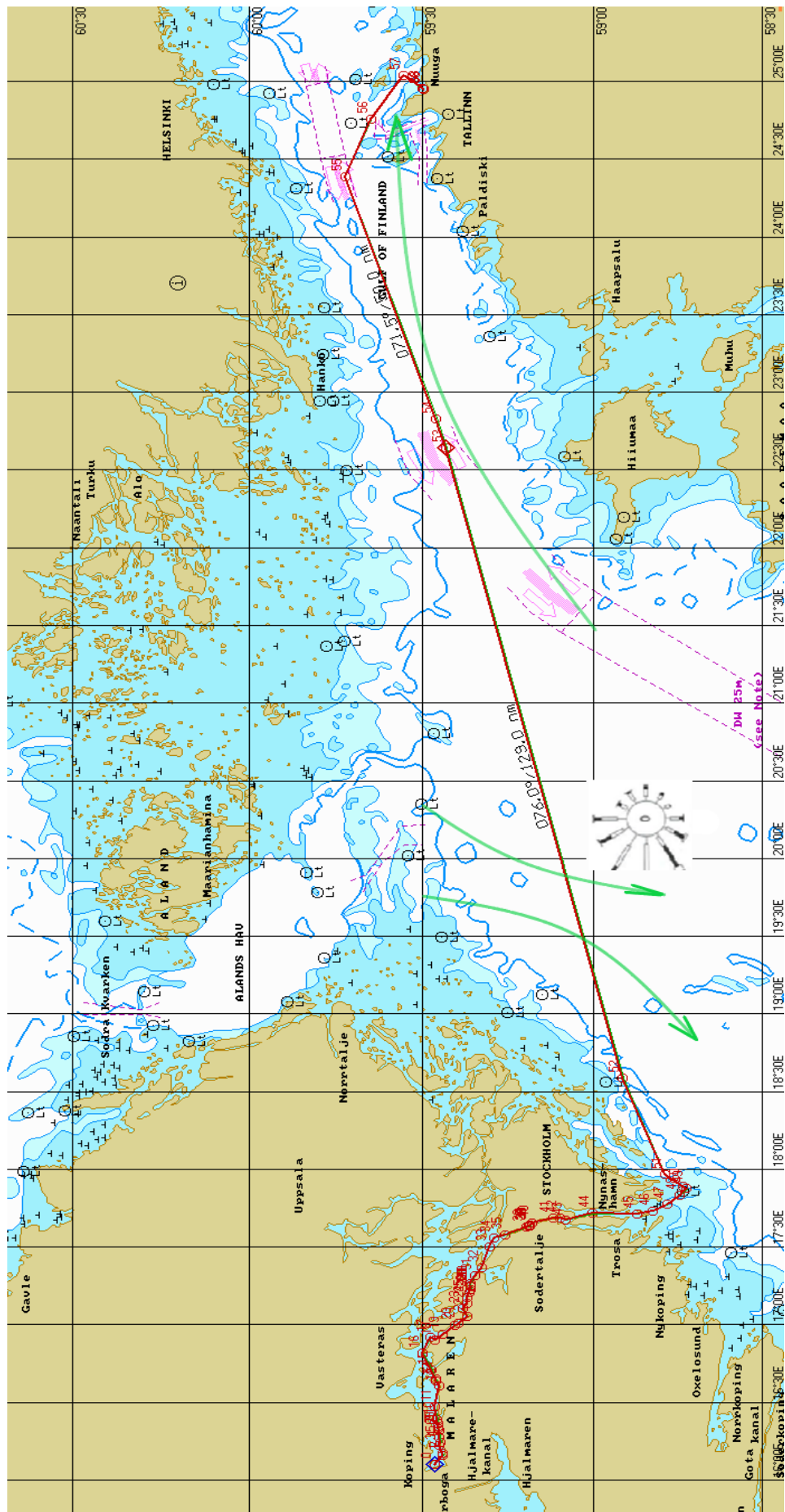


Рисунок 2.3 – Графічний план переходу

Наведемо розрахунки освітленості (табл. 2.13).

Таблиця 2.13 – Елементи освітленості

Дата	Початок нав. сутінків	Сонце				Кінець нав. сутінків	Місяць		
		Захід		Схід			Захід Тз	Вік, %	Схід Тс
		Тз	А	Тс	А				
16.06.23	All night	20:59	318,9	02:40	031,7	-	17:51	9	23:49
17.06.23	All night	20:42	323,6	02:33	036,2	-	18:07	10	0:56

2.3.5 Розрахунок висот приливів та побудова графіків приливів

В шхерах шведських проток не спостерігаються припливно-відливні явища, також для порту Мууга в Балтійському морі вони не значні і складають лише декілька сантиметріві тому розрахунки не ведуться для даних портів.

2.4 Висновки

Виконаний рейс Копінг – Мууга проходить в Балтійському морі в червні 2023 року. Загальна пройдена відстань – 326,6 морських миль. Оцінка навігаційного переходу показала, що на всьому переході забезпечена безпека мореплавання.

РОЗДІЛ 3

ОБРОБКА ТА РОЗМІЩЕННЯ ВАНТАЖІВ

3.1. Транспортні характеристики вантажів

3.1.1 Наливні вантажі

У даному рейсі до завантаження наданий вантаж, що є різновидом так званої «світлої» нафти, а саме – бензол ($\rho = 0,99 \text{ г/см}^3$).

Бензол – безбарвна, прозора, легкозаймиста рідина з характерним «ароматичним» смаком, горить яскравим копченим полум'ям і утворює легкозаймисті пари. На холоді застигає в кристалічну масу, що плавиться при 6°C .

Бензол практично не змішується з водою: при 22°C розчиняється не більше $0,08\%$ (розчинність води в бензолі при 25°C – $0,05\%$). Бензол добре розчиняється в багатьох органічних розчинниках: необмежено – у вуглеводнях, ефірах, досить добре – у метанолі, етанолі, ацетоні, трихлорметані (хлороформі) [19].

За своїми властивостями бензол і сам є прекрасним розчинюючим засобом для жирів, смол, мастил, асфальту, алкалоїдів, сірки, фосфору, йоду та ін. З деякими розчинниками бензол утворює азеотропні суміші. Температура кипіння досягає 80°C . Октанове число бензолу – 113.

Бензол входить до складу бензину, широко застосовується в промисловості, є вихідною сировиною для виробництва ліків, різних пластмас, синтетичної резини, барвників. Хоча бензол входить до складу сирої нафти, у промислових масштабах він синтезується з інших її компонентів. Токсичний, канцерогенний.

Після отримання судном рейсового завдання старший помічник капітана організовує роботи по підготовці вантажних танків до прийому вантажу, зазначеного в рейсовому завданні. Керуючись допомогою по підготовці вантажних танків до прийому нафтопродуктів (Tank Cleaning Guide), а також з дотриманням вимог Конвенції MARPOL-73/78, вантажні танки наводяться в належний стан для прийому даного вантажу.

На підставі перерахованих вище характеристик вантажу, нижче представлена табл. 3.1 з його об'ємно-масовими характеристиками.

Таблиця 3.1 – Транспортні характеристики

Найменування вантажу	Вид тари	Паспортна густина вантажу ρ^{15}_4	Норми вантаж. робіт, т/год	
			завантаження	вивантаження
бензол	наливом	0,99	1500	1900

Основним документом, який регламентує перевезення небезпечних вантажів морем є IMDG CODE (International Maritime Dangerous Goods Code), оскільки цей Кодекс входить як доповнення до Конвенції SOLAS 1974, Розділ VII, частина А. Правило VII 1.3 цього розділу забороняє перевезення небезпечних вантажів морем крім тих випадків, коли вона здійснюється у відповідність з IMDG Кодексом.

Крім того Конвенція MARPOL-73/78, Додаток III, правило 1, (2) також забороняє перевезення шкідливих речовин на суднах, за винятком тих, які перевозяться у відповідність з IMDG Кодексом.

Допоміжні документи: Перевірочний лист з безпеки (документ, відомий як Material Safety Data Sheet (MSDS)); Міжнародне керівництво з безпеки для нафтових танкерів і терміналів (ISSGOT); Рекомендації ООН з перевезення небезпечних вантажів. Типові правила (ST/sc/ac, 10/1/Rev.10).

3.2 Підготовка вантажних приміщень до прийому вантажу

Одним з важливих етапів підготовки до розрахунку вантажного плану є детальне вивчення транспортних характеристик і властивостей вантажів, які визначають умови їх перевезення, перевантаження і зберігання.

Підготовка до завантаження проводиться в наступній послідовності:

Відправник вантажу до початку навантаження являє капітану Декларацію (інформацію) про вантаж, що містить відомості про вантаж: найменування вантажу і його фізико-хімічні властивості, види небезпеки, вимоги до чистоти танків і технологічний режим перевезення. На підставі Декларації виконується додаткова зачистка танків, а в нашому випадку ще й необхідність інертизації.

Мийка танків (зачистка) виконується, керуючись посібником з підготовки вантажних танків до прийому нафтопродуктів (Tank Cleaning Guide) і вимогами Міжнародної конвенції по запобіганню забрудненню моря з суден 1973 р. і Протоколу 1978 р. (MARPOL-73/78).

Основний принцип вимог до якості відмитої поверхні вантажних танків полягає в тому, під який вантаж готуються вантажні танки, і які три останніх вантажу раніше перевозилися танкером. У нашому випадку, три останніх вантажу були різні сорти мазуту. У зв'язку з цим вимоги до чистоти танків для прийому вантажу, в даній вантажній комбінації, невисокі і навіть допускається прийом вантажу понад залишків попереднього.

У всякому разі при митті танків виконуються наступні роботи [20]:

- 1) мийка вантажного трубопроводу;
- 2) мийка танків мийними машинкам (в нашому випадку допускається холодною водою);
- 3) вентиляція танків.

Перед постановкою танкера під навантаження необхідно обпресувати вантажну і зачисну магістралі заборотної водою на робочий тиск, попередньо прокачавши їх цією водою.

Слід перевірити час відкриття і закриття дистанційно керованих клінкетів вантажних систем (про що складають спеціальний акт). Крім того, перевіряють щільність закриття клінкерів в насосному відділенні і кінгстон.

Необхідно перевірити справність шлангів пристроїв, шлангів, вантажного крана, призначеного для підтримки шлангів. Крім того, оглядають маркування шлангів і при необхідності відновлюють його. Обов'язково проводять гідравлічне випробування шлангів (передбачене інструкцією); про факт проведення випробувань роблять запис в машинному журналі.

Перед навантаженням перевіряють засоби контролю, сигналізації (про заповнення танків на 95, і 98%). Крім того, перевіряють справність пристрою, який відсікає, для зупинки перекачування вантажу (яке повинно бути пов'язане з подібним пристроєм, який відсікає, на вантажну базу), а також засобів освітлення палуби в районі маніфолдів.

Також необхідно переконатися в надійності заповнення вантажних танків інертним газом.

Особливо ретельно вантажний помічник повинен перевірити закриття клінкерів зачисної системи (оскільки іноді вахтові матроси забувають їх закривати). Перевіряють також систему аварійної зупинки вантажних насосів.

Старший помічник капітана повинен перевірити готовність протипожежних засобів.

Особливу увагу необхідно приділити перевірці закриття всіх шпігатів на вантажній палубі (через які в море може потрапити нафтопродукт), закриття не використовуваних при вантажних операціях патрубків вантажного і зачисного палубних трубопроводів. Слід перевірити установку піддонів під фланці приймального трубопроводу. Підготувати газовідвідну систему до вантажних операцій.

При виконанні всіх цих (і інших) операцій відповідальні особи судна заповнюють спеціальну «Декларацію про готовність судна до вантажних операцій» [22].

Підготовлені танки пред'являються представнику відправника вантажу для огляду і придатності до прийому даного вантажу. Складається Акт про придатність танків до навантаження.

У разі відмови відправника вантажу від огляду танків, запрошується компетентний незалежний сюрвейер, що своїм рапортом підтверджує придатність танків для прийому даного вантажу.

3.3 Розрахунок чистої вантажопідйомності судна

Повна розрахункова водотоннажність судна (Δ_p), яке служить вихідною величиною при визначенні його чистої вантажопідйомності (Δ_{ch}) на рейс, залежить від вантажних марок в портах завантаження і вивантаження і вантажних марок і обмежень осадки на трасі переходу.

Для визначення (Δ_p) необхідно по карті зон і сезонних районів визначити діючі вантажні марки відповідно до пори року. Перехід Копінг – Санкт-Петербург починається і закінчується в зоні дії літньої вантажної марки. За розрахункову водотоннажність приймаємо, встановлене для зони дії літньої вантажної марки [23].

Повна водотоннажність по літню вантажну марку (з ТЕХ судна):

$$\Delta_p = \Delta_l = 9479,8 \text{ т},$$

Після знаходження розрахункового водотоннажності судна визначають повну вантажопідйомність (дедвейт) судна:

$$\Delta_w = \Delta_p - \Delta_0, \quad (3.1)$$

де Δ_0 – водотоннажність судна порожньому, т.

$$\Delta_w = 9479,8 - 2992,8 = 6487 \text{ т},$$

Ходовий час визначається за формулою:

$$t_x = 326,6 / 16 \cdot 24 + 0,46 = 1,32 \text{ діб.}$$

Фактично час затримки на шляху зайняв 0,46 діб.

Нормативна тривалість часу стоянки розраховується за формулою:

$$t_{\text{ст}} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i}{M}, \quad (3.2)$$

де Q_i – маса вантажу одного найменування, т;

n – кількість найменувань вантажу (обов'язкових і факультативних);

M – валова норма вантажних робіт, т/год.

Стояночний час визначається від кількості вантажу (за умовою чартеру приймається – 6100 т):

$$\sum_{i=1}^n Q_i = DW. \quad (3.3)$$

$$t_{\text{ст}} = 6000 / (1900 \cdot 24) + 0,11 = 0,24 \text{ діб,}$$

Кількість вантажу, яке може прийняти судно, залежить від величини запасів. Зазвичай немає необхідності враховувати стояночні запаси, що витрачаються в порту навантаження, так як до моменту закінчення навантаження стояночні запаси, передбачені на час навантаження будуть витрачені. Тому загальна кількість рейсових запасів $R_{\text{зап}}$ розраховуються як сума ходових запасів $R_{\text{хзап}}$ і необхідних для порту вивантаження стояночних запасів $R_{\text{стзап}}$:

$$R_{\text{зап}} = R_{\text{хзап}} + R_{\text{стзап}}; \quad (3.4)$$

Кількість ходових запасів становить суму:

$$R_{\text{хзап}} = R_{\text{хт}} + R_{\text{хв}} + R_{\text{хсм}}; \quad (3.5)$$

де $R_{хт}$, $R_{хв}$, $R_{хсм}$ – відповідно кількість палива, води і мастила необхідне на перехід від порту завантаження до порту вивантаження з урахуванням коефіцієнта штормового запасу $k_{шт}$ (прийmemo 10%).

$$R_{хт} = q_{хт} \cdot t_x \cdot k_{шт}; \quad (3.6)$$

$$R_{хв} = q_{хв} \cdot t_x \cdot k_{шт}; \quad (3.7)$$

$$R_{хсм} = q_{хсм} \cdot t_x \cdot k_{шт}; \quad (3.8)$$

де $q_{хп}$, $q_{хв}$, $q_{хсм}$ – добова норма витрачання палива, води і мастила на ходу судна відповідно, т/добу.

$$R_{хт} = 5,9 \cdot 1,32 \cdot 1,10 = 8,6 \text{ т},$$

$$R_{хв} = 3,2 \cdot 1,32 \cdot 1,10 = 4,64 \text{ т},$$

$$R_{хсм} = 0,2 \cdot 1,32 \cdot 1,10 = 0,3 \text{ т},$$

$$R_{хзап} = 9,43 + 4,64 + 0,3 = 14,37 \text{ т},$$

Аналогічно знаходять кількість стоянкових запасів;

$$R_{стзап} = R_{стт} + R_{ств} + R_{стсм}; \quad (3.9)$$

$$R_{стт} = q_{стт} \cdot t_{ст}; \quad (3.10)$$

$$R_{ств} = q_{ств} \cdot t_{ст}; \quad (3.11)$$

$$R_{стсм} = q_{стсм} \cdot t_{ст}; \quad (3.12)$$

де $q_{стп}$, $q_{ств}$, $q_{стсм}$ – добова норма витрачання палива, води і мастила на стоянці судна відповідно, т/добу.

$$R_{стд} = 1,5 \cdot 0,24 = 0,36 \text{ т},$$

$$R_{ств} = 0,5 \cdot 0,24 = 0,12 \text{ т},$$

$$R_{стсм} = 0,01 \cdot 0,24 = 0,01 \text{ т},$$

$$R_{стзап} = 0,36 + 0,12 + 0,01 = 0,49 \text{ т},$$

$$R_{зап} = 14,37 + 0,49 = 14,86 \text{ т},$$

Розрахувавши загальну кількість рейсових запасів, приступають до визначення чистої вантажопідйомності судна ($\Delta ч$) на рейс:

$$\Delta\text{ч} = \Delta\text{w} - (\text{Рзап} + \text{Рек}); \quad (3.13)$$

де Рек – константа, екіпаж, постачання та ін.

$$\Delta\text{ч} = 6487 - (14,86 + 29) = 6443,14 \text{ т}$$

Значення чистої вантажопідйомності судна визначає максимальну кількість вантажу, яке судно може прийняти до перевезення на даний рейс.

Оскільки рейс фактичний, то кількість запасів прийнятих на судно відрізняється від розрахованого і складає – 197 т. Також на судні встановлена опріснювальна установка. Кількість вантажу в кожному танку визначається з урахуванням його розширення від підвищення температури повітря. Аналізуючи значення температур на переході, робимо висновок, що температура вантажу в існуючому діапазоні зміни температури не перевищуватиме температуру завантаження.

Згідно рейсовому завданням (Voyage Order) судно має завантажити 6000 т вантажу. Відомості про маси і обсягах партій вантажу показано в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Відомості про маси і обсягах партій вантажу

Назва вантажу	Щільність, г/см ³	Маса вантажу Qi, т	Обсяг який займає вантаж Vi, м ³	Обсяг вантажних танків (98%), м ³
бензол	0,8726	6000	5235,6	7132,74

Отримані данні з таблиці використовуються в наступному розділі.

3.4 Складання вантажного плану

Перевізник несе відповідальність за неправильне розміщення вантажів на судні. Неправильне або невдале розміщення вантажів, перевантаження окремих

відсіків неминуче призводить до перенапруження корпусу, а в окремих випадках до пошкоджень і навіть аварії судна.

Специфіка конструкції танкера така, що остійність судна, як правило, задовільна, навіть не дивлячись на наявність вільних поверхонь рідини. Але навіть при перевезенні однорідного вантажу його розподіл здійснюється відповідно до вимог Інформації капітану про остійність і міцність судна і рекомендаціями заводської інструкції. У вигляді великих навантажень, які зазнає танкер на вигин, його поздовжня міцність визначається по згинальним моментам і силам, які перерізують, в певних перетинах.

Вантажні танки дозволено заповнювати тільки на 98%, 2 відсотка залишається на непередбачене температурне розширення вантажу, для забезпечення безпечного перевезення. Розрахунок виконуємо в табличній формі 3.3.

Таблиця 3.3 – Розподіл вагового навантаження по вантажним приміщенням судна

Найменування вантажного приміщення	Щільність вантажу	Обсяг танка 100%, м ³	Обсяг танка 98%, м ³	Маса вантажу, т	Обсяг вантажу, м ³
1	2	3	4	5	6
No.1 Cargo Oil Tank P	0,8726	482,55	473,09	395,5	345,11
No.1 Cargo Oil Tank S	0,8726	477,77	468,41	394,8	344,50
No.2 Cargo Oil Tank P	0,8726	623,68	611,46	518,4	452,35
No.2 Cargo Oil Tank S	0,8726	629,00	616,67	519,8	453,57
No.3 Cargo Oil Tank P	0,8726	652,24	639,46	537,9	469,37
No.3 Cargo Oil Tank S	0,8726	647,67	634,98	534,7	466,57
No.4 Cargo Oil Tank P	0,8726	647,78	635,08	536,2	467,88
No.4 Cargo Oil Tank S	0,8726	652,13	639,35	537,8	469,28

Продовження табл. 3.3

1	2				
No.5 Cargo Oil Tank P	0,8726	652,24	639,46	535,3	467,27
No.5 Cargo Oil Tank S	0,8726	647,67	634,98	532,1	464,31
No.6 Cargo Oil Tank P	0,8726	581,13	569,74	479,3	418,23
No.6 Cargo Oil Tank S	0,8726	581,46	570,06	478,2	417,27
Разом	-	7275,39	7132,74	6000	5235,6

Прийняті данні використовуються в розрахунках наступного розділу.

3.5 Характеристика експлуатаційних умов рейсу

При складанні вантажного плану необхідно в комплексі враховувати характеристики судна, вантажів, траси і портів заходу.

Далі описуємо порти заходу з точки зору оцінки їх вантажних можливостей.

Порт Копінг

Місцезнаходження: порт Копінг розташований в кінці W озера Меларен на Балтійському узбережжі. Загальний огляд: Зерно - основний експорт, інший експорт включає цемент, залізо, сталь, нафтопродукти певних марок і продукти деревини. Імпорт включає мінерали і пальне, вугілля, свиню і переглядає залізо і генеральний вантаж.

Приблизно 1500000 т вантажу, оброблюваного щорічно.

Вантажна марка: літня

Приблизно 582000000 т вантажів, включаючи 26000000 TEU, 55000 суден і 13243000 пасажирів щорічно оброблялися.

Вихідні дні: Новий рік, китайський Новий рік, 1 травня, 1 жовтня.

Святкові дні: порт не дотримує святкових днів. Час роботи - протягом 24 годин. Shift 1: 08:00-16:00, shift 2: 16:00-23:59, shift 3: 00:01-08:00.

Порт Мууга

Місцезнаходження: Балтійський порт Мууга є найбільшим портом в Естонії, є морським торговим портом міжнародного значення. Порт Мууга – розміщений на березі затоки Мууга (складова Фінської затоки) у північно-центральної частині Естонії.

Загальний огляд: Входить до складу порту Таллінн. Мууга є одним з небагатьох незамерзаючих портів Північної Європи і серед найглибших (до 18 м) і найсучасніших портів в регіоні Балтійського моря. Обсяг перевалки вантажів складає близько 80% від загального обсягу вантажів порту Таллінн і приблизно 90% обсягу транзитних вантажів, що проходять через Естонію. Майже 3/4 завантаженого вантажу порту Мууга є сировиною нафтою і нафтопродуктами, порт також служить для сухих навалювальних вантажів (головним чином добрива, зерно і вугілля) та інших видів вантажів.

В порту діє вантажна марка: Зимовою – з 1 листопада по 31 березня; Літня – з 1 квітня по 31 жовтня.

Буксири замовляє агент.

Вихідні дні: 1 січня, 30 квітня, 1 травня, 2 вересня, 3 свято Місяця.

Часи роботи: Протягом 24 годин (3 зміни).

В порту є можливість поповнення запасів, ремонту, та ін. видів обслуговування в портах.

РОЗДІЛ 4

ОЦІНКА МОРЕХІДНИХ ЯКОСТЕЙ СУДНА

4.1 Розрахунок водотоннажності і координат центра ваги судна

Абсциси відраховуються від кормового перепендикуляру. Диферент на корму має знак «-», а на ніс «+».

Розподіл запасів на судні на відхід і прихід представлено в табл. 4.1 і табл. 4.2

Таблиця 4.1 – Розподіл запасів на відхід

Найменування цистерн	Міст- кість, т	Маса, т	Плечі, м		Моменти, тм	
			x	z	M _x	M _z
1	2	3	4	5	6	7
Моторне паливо $\rho = 0,980 \text{ т/м}^3$						
FO SERVICETK.S	18,42	16,3	15,650	6,923	255,1	112,8
FO SETTLINGTK.S	22,88	20,9	14,431	6,946	301,6	145,2
NO.1 HFO TK.P	81,36	32,5	19,816	4,540	644	147,6
NO.1 HFO TK.S	93,30	38,8	19,668	4,305	763,1	167,0
Всього моторного палива		108,5	18,10	5,28	1963,8	572,6
Дизельне паливо $\rho = 0,850 \text{ т/м}^3$						
NO.1 DO. SER TK. P	11,46	10,7	14,254	6,937	152,5	74,2
NO.2 DO. SER TK. P	7,46	5,8	12,503	6,958	72,5	40,4
DO. SETTLING TK. P	15,46	12,5	16,701	6,924	208,8	86,6
Всього дизельного палива		29,0	14,96	6,94	433,8	201,2
Мастило $\rho = 0,900 \text{ т/м}^3$						
GEN L/O TK. P	3,52	1,8	9,352	7,032	16,8	12,7
MAINENG L/O TK. P	11,25	7,7	10,764	6,993	82,9	53,8

Продовження табл. 4.1

1	2	3	4	5	6	7
Всього мастила		9,5	10,49	7,00	99,7	66,5
Вода $\rho = 1,000 \text{ т/м}^3$						
DRINKING W. TK. P	35,9	25,0	0,286	7,790	7,2	194,8
DRINKING W. TK. S	35,9	25,0	0,286	7,790	7,2	194,8
Всього води		50,0	0,29	7,79	14,4	389,6
ВСЬОГО ЗАПАСІВ		197,0	12,75	6,24	2511,7	1229,9

Розподіл запасів на прихід представлено в табл. 4.2.

Таблиця 4.2 – Розподіл запасів на прихід

Найменування цистерн	Міст- кість, т	Маса, т	Плечі, м		Моменти, тм	
			x	z	M_x	M_z
1	2	3	4	5	6	7
Моторне паливо $\rho = 0,980 \text{ т/м}^3$						
FO SERVICETK.S	18,42	16,3	15,650	6,923	255,1	112,8
FO SETTLINGTK.S	22,88	20,9	14,431	6,946	301,6	145,2
NO.1 HFO TK.P	81,36	30,5	19,816	4,54	604,4	138,5
NO.1 HFO TK.S	93,30	32,2	19,668	4,305	633,3	138,6
Всього моторного палива		99,9	17,96	5,36	1794,4	535,1
Дизельне паливо $\rho = 0,850 \text{ т/м}^3$						
NO.1 DO. SER TK. P	11,46	10,7	14,254	6,937	152,5	74,2
NO.2 DO. SER TK. P	7,46	5,8	12,503	6,958	72,5	40,4
DO. SETTLING TK. P	15,46	12,5	16,701	6,924	208,8	86,6
Всього дизельного палива		29,0	14,96	6,94	433,8	201,2
Мастило $\rho = 0,900 \text{ т/м}^3$						
GEN L/O TK. P	3,52	1,8	9,352	7,032	16,8	12,7
MAINENG L/O TK. P	11,25	7,4	10,764	6,993	79,7	51,7

Продовження табл. 4.2

1		2	3	4	5	6
Всього мастила		9,2	10,49	7,00	96,5	64,4
Вода ρ = 1,000 т/м³						
DRINKING W. ТК. Р	35,9	22,9	0,286	7,790	6,5	178,4
DRINKING W. ТК. S	35,9	22,9	0,286	7,790	6,5	178,4
Всього води		45,8	0,28	7,79	13,0	356,8
ВСЬОГО ЗАПАСІВ		183,9	12,71	6,29	2337,7	1157,5

Розподіл вантажів представлено в табл. 4.3.

Таблиця 4.3 – Розподіл вантажу

Найменування приміщень	Місткість 98%, м ³	т, т	Заповнення, %	Плечі, м		Моменти, тм	
				x	z	M _x	M _z
NO.1 C.O.T. (P)	473,09	395,5	93,9	81,849	5,52	32371,3	2183,2
NO.1 C.O.T. (S)	468,41	394,8	94,7	81,842	5,56	32311,2	2195,1
NO.2 C.O.T. (P)	611,46	518,4	95,2	70,925	5,41	36767,5	2804,5
NO.2 C.O.T. (S)	616,67	519,8	94,7	70,928	5,39	36868,4	2801,7
NO.3 C.O.T. (P)	639,46	537,9	94,5	59,838	5,30	32186,9	2850,9
NO.3 C.O.T. (S)	634,98	534,7	94,6	59,836	5,30	31994,3	2833,9
NO.4 C.O.T. (P)	635,08	536,2	94,8	48,636	5,32	26078,6	2852,6
NO.4 C.O.T. (S)	639,35	537,8	94,5	48,638	5,30	26157,5	2850,3
NO.5 C.O.T. (P)	639,46	535,3	94,0	37,438	5,28	20040,6	2826,4
NO.5 C.O.T. (S)	634,98	532,1	94,1	37,436	5,29	19919,7	2814,8
NO.6 C.O.T. (P)	569,74	479,3	94,5	26,759	5,37	12825,6	2573,8
NO.6 C.O.T. (S)	570,06	478,2	94,2	26,803	5,36	12817,2	2563,2
ВСЬОГО ВАНТАЖУ		6000		53,39	5,36	320338,8	32150,4

На підставі виконаних розподілів вантажу і запасів складемо таблицю зведених даних і розрахунку водотоннажності із зазначенням координат центру ваги судна (табл. 4.4 і табл. 4.5).

Таблиця 4.4 – Зведені дані і розрахунок водотоннажності на відхід

Найменування статей навантаження	На відхід				
	Маса, т	Плечі, м		Моменти, тм	
		х	z	M_x	M_z
Судно порожнем	2992,8	38,62	7,42	115582	22206,6
Екіпаж, провізія, постачання	29,0	22,50	7,55	652,5	219,0
Суднові запаси	197,0	12,75	6,24	2511,7	1229,9
Вантаж	6000,0	53,39	5,36	320338,8	32150,4
ВСЬОГО ВОДОТОННАЖНІСТЬ	9218,8	47,63	6,05	439084,9	55805,9

Таблиця 4.5 – Зведені дані і розрахунок водотоннажності на прихід

Найменування статей навантаження	На прихід				
	Маса, т	Плечі, м		Моменти, тм	
		х	z	M_x	M_z
Судно порожнем	2992,8	38,62	7,42	115582	22206,6
Екіпаж, провізія, постачання	29,0	22,50	7,55	652,5	219,0
Суднові запаси	183,9	12,71	6,29	2337,7	1157,5
Вантаж	6000,0	53,39	5,36	320338,8	32150,4
ВСЬОГО ВОДОТОННАЖНІСТЬ	9205,7	47,68	6,05	438910,9	55733,5

Отримані значення плечей і моментів використовуються в наступних розділах для розрахунків.

Схематично розподіл вантажу представлено на рис. 4.1.

4.2 Розрахунки посадки та початкової остійності

Розрахунок посадки судна на відхід і на прихід виконується з використанням вантажної шкали і гідростатичних кривих (табл. 4.6) [25].

Таблиця 4.6 – Розрахунок посадки судна на відхід і прихід

Найменування величин	Позначення і формули	Значення величин	
		Відхід	Прихід
Водотоннажність масова, т	D	9218,8	9205,7
Абсциса центра ваги судна, м	x_g	47,63	47,68
Водотоннажність об'ємна, м ³	$V = D / \rho$	9219	9206
Густина води, т/м ³	ρ	1,000	1,000
Осадка судна, м	T	6,52	6,51
Момент диферентуючий на 1 см, тм/см	M_{cm}	109,0	109,0
Абсциса центра плавучості судна, м	x_c	47,94	47,94
Абсциса Ц.В. площі ватерлінії, м	x_f	44,20	44,19
Апліката поперечного метацентра, м	z_m	7,81	7,81
Коефіцієнт загальної повноти	δ	0,836	0,836
Диферент судна, м	$d = D(x_g - x_c) / (100M_{cm})$	-0,26	-0,22
Осадка судна носом, м	$T_n = T - (L/2 - x_f) d/L$	6,38	6,39
Осадка судна кормою, м	$T_k = T_n + d$	6,64	6,61

Для виконання розрахунків та контролю остійності судна необхідно визначити поправки на вплив вільної поверхні рідких вантажів (вантажу і запасів) до метацентричної висоти і плечам статичної остійності. При визначенні виправлення на вільні поверхні в розрахунок приймаються цистерни запасів з найбільшим виправленням Δm_h незалежно від ступеня їхнього заповнення. Для вантажних танків виправлення приймається відповідно до їх фактичного заповнення. Поправочні моменти Δm_h вибираються з таблиці даних

по суднових цистернах, що приводиться в Інформації. Розрахунки виконано в табл. 4.7.

Таблиця 4.7 – Поправки на вплив вільної поверхні рідких вантажів

Найменування цистерн	Δm_h , тм
NO.1 HFO TK.P	37
NO.1 HFO TK.S	58
NO.1 C.O.T. (P)	191
NO.1 C.O.T. (S)	187
NO.2 C.O.T. (P)	297
NO.2 C.O.T. (S)	303
NO.3 C.O.T. (P)	303
NO.3 C.O.T. (S)	297
NO.4 C.O.T. (P)	297
NO.4 C.O.T. (S)	303
NO.5 C.O.T. (P)	303
NO.5 C.O.T. (S)	297
NO.6 C.O.T. (P)	289
NO.6 C.O.T. (S)	289
Сума: $\Sigma \Delta m_h$	3451

Розрахунок параметрів початкової остійності виконаний у табл.4.8.

Таблиця 4.8 – Розрахунок параметрів початкової остійності

Найменування величин	Позначення і формули	Значення величин	
		Відхід	Прихід
1	2	3	4
Водотоннажність масова, т	D	9218,8	9205,7
Невиправлена апліката центра ваги судна, м	z_{g0}	6,05	6,05

Продовження табл. 4.8

1	2	3	4
Апліката поперечного метацентра, м	z_m	7,81	7,81
Невиправлена метацентрична висота, м	$h_0 = z_m - z_{g0}$	1,76	1,76
Виправлення на вільні поверхні, м	$\Delta h = \Sigma \Delta m_h / D$	0,37	0,37
Виправлена апліката центра ваги судна, м	$z_g = z_{g0} + \Delta h$	6,42	6,42
Виправлена метацентрична висота, м	$h = h_0 - \Delta h$	1,39	1,39

4.3 Контроль остійності за матеріалами Інформації

Перевірку остійності за матеріалами Інформації виконаємо по критичній аплікаті центра ваги судна (табл. 4.9) [26].

Таблиця 4.9 – Перевірка остійності з критичного піднесення ЦВ судна

Найменування величин	Позначення і формули	Значення величин	
		Відхід	Прихід
Водотоннажність масова, т	D	9218,8	9205,7
Виправлена апліката центра ваги судна, м	z_g	6,42	6,42
Максимальна гранична апліката центра ваги судна, м	$z_g^{\max}$	7,63	7,63

Так як $Z_g < Z_g^{\max}$, то остійність задовольняє всім вимогам.

4.4 Розрахунок і побудова діаграм остійності

Плечі статичної остійності розраховані з використанням таблиці плечей остійності форми (Cross-Curves of Stability). Плечі остійності форми l_ϕ

вибираються по осадці для тих кутів крену, які приведені в таблиці. Ці плечі відлічуються від точки К, що відповідає кільовій лінії.

Плечі остійності ваги необхідно розраховувати по формулі:

$$l_g = z_g \sin \theta,$$

а виправлені на вплив вільних поверхонь плечі статичної остійності будуть рівні:

$$l = l_\phi - l_g.$$

Розрахунок плечей діаграми статичної остійності виконується в табличній формі (табл. 4.10 і табл. 4.11). У таблиці також представлений розрахунок площ під діаграмою статичної остійності до 30°, до 40° і від 30° до 40° з використанням коефіцієнтів Сімпсона за формулами:

$$a_{0-40} = 1/3 \Delta\theta \cdot \sum_{40};$$

$$a_{0-30} = 3/8 \Delta\theta \cdot \sum_{30};$$

$$a_{30-40} = a_{0-40} - a_{0-30}.$$

Таблиця 4.10 – Розрахунок плечей статичної остійності на відхід

Водотоннажність D, т								9218,8
Апліката центра ваги судна z_{g0} , м								6,05
Апліката умовного центра мас z_m , м (полюс – точка «О»)								0,00
Виправлена апліката центра ваги судна, $z_g = z_{g0} + \Delta h$, м								6,42
$\Delta\theta = 0,1745 \approx 10^\circ/57,3$								
Кут крену θ°	Плече форми, l_ϕ , м	$\sin \theta^\circ$	$(z_g - z_m) \cdot \sin \theta^\circ$	Плече статичної остійності $l = l_\phi - z_g \cdot \sin \theta^\circ$, м	Множ-ник	Добу-ток	Множ-ник	Добуток
1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0,00	0,000	0,000	0,000	1	0,000	1	0,000
10	1,367	0,174	1,117	0,250	4	1,000	3	0,750
20	2,756	0,342	2,196	0,560	2	1,120	3	1,680
30	4,065	0,500	3,210	0,855	4	3,420	1	0,855

Продовження табл. 4.10

1	2	3	4	5	6	7	8	9
40	5,167	0,643	4,128	1,039	1	1,039	$\sum_{30}$	3,285
50	5,980	0,766	4,918	1,062	$\sum_{40}$	6,579	$a_{0-30} = 0,215$	
60	6,409	0,866	5,560	0,849	$a_{0-40} = 0,383$			
70	6,516	0,940	6,035	0,481				
					$a_{30-40} = 0,383-0,215 = 0,168$			

Аналогічно табл. 4.10 будеться табл. 4.11 на прихід.

Таблиця 4.11 – Розрахунок плечей статичної остійності на прихід

Водотоннажність D, т								108175,1	
Апліката центра ваги судна z _{g0} , м								10,45	
Апліката умовного центра мас z _m , м (полюс – точка «О»)								0,00	
Виправлена апліката центра ваги судна, z _g = z _{g0} + Δh, м								12,28	
Δθ = 0,1745 ≈ 10°/57,3									
Кут крену θ°	Плеце форми, l _φ , м	sin θ°	(z _g - z _m) · sin θ°	Плеце статичної остійності l = l _φ - z _g · sin θ°, м	Множ-ник	Добу-ток	Множ-ник	Добуток	
0	0,00	0,000	0,000	0,000	1	0,000	1	0,000	
10	1,367	0,174	1,117	0,250	4	1,000	3	0,750	
20	2,756	0,342	2,196	0,560	2	1,120	3	1,680	
30	4,067	0,500	3,210	0,857	4	3,428	1	0,857	
40	5,169	0,643	4,128	1,041	1	1,041	Σ ₃₀	3,287	
50	5,983	0,766	4,918	1,065	Σ ₄₀	6,589	a ₀₋₃₀ = 0,215		
60	6,411	0,866	5,560	0,851	a ₀₋₄₀ = 0,383				
75	6,518	0,940	6,035	0,483					
					a ₃₀₋₄₀ = 0,383-0,215 = 0,168				

За результатами розрахунків будуємо діаграми остійності на відхід (рис. 4.2) і на прихід (рис. 4.3).

4.5 Розрахунки нормованих параметрів остійності

Рекомендовані критерії остійності неушкоджених суден Міжнародною Морською Організацією (IMO) містяться в Adoption of the International Code on Intact Stability, 2008 (2008 IS Code), Resolution MSC.267(85).

Розрахунок нормованих параметрів остійності виконаний у табл. 4.12.

Таблиця 4.12 – Розрахунок нормованих параметрів остійності

Найменування величин	Позначення і формули	Значення величин	
		Відхід	Прихід
1	2	3	4
Водотоннажність масова, т	D	9218,8	9205,7
Осадка судна, м	T	6,52	6,51
Виправлена метацентрична висота, м	h	1,39	1,39
Площа парусності, м ²	A _v	912	913
Апліката центра парусності (ЦП), м	z	5,41	5,41
Плече парусності при постійному вітрі, м	$z_v = z + T/2$	8,67	8,67
Плече кренувального моменту від тиску вітру, м	$l_{w1} = 0,504 A_v z_v / (g D)$	0,044	0,044
Кренувальне плече від пориву вітру, м	$l_{w2} = 1,5 l_{w1}$	0,066	0,066
Відносна площа скулових кілей, %	$100 A_k / (L B)$	0,898	
Коефіцієнт	k	0,982	
Відносна ширина	B/T	2,76	2,76
Безрозмірний множник	X ₁	0,938	0,938

Продовження табл. 4.12

1	2	3	4
Коефіцієнт загальної повноти	δ	0,836	0,836
Безрозмірний множник	X_2	1,000	1,000
Інерційний коефіцієнт	$c=0,373+0,023B/T-0,043L/100$	0,396	0,396
Період хитавиці, с	$T_\theta = 2 \text{ c } B / \sqrt{h}$	12,1	12,1
Коефіцієнт	S	0,0644	0,0644
Коефіцієнт	$r = 0,73 + 0,6 (z_g - T) / T$	0,721	0,722
Амплітуда хитавиці, °	$\theta_r = 109 \text{ k } X_1 X_2 \sqrt{r S}$	21,6	21,6
Кут заливання, °	θ_f	57,4	57,4
Кут входу палуби у воду, °	$\theta_d = \arctg(2(H-T) / B)$	18,9	19,0
Кут крену від постійного вітру, °	θ_0	1,8	1,8
Кут крену при хитавиці назустріч вітру, °	$\theta_1 = \theta_r - \theta_0$	19,8	19,8
Границя площ.«b» діаграми праворуч, °	θ_b	50,0	50,0
Площа «a2» діаграми, м-рад	a	0,114	0,114
Площа «b» діаграми, м-рад	b	0,514	0,515
Критерій погоди	$K = b / a$	4,51	4,52

Для визначення критерію погоди на діаграмах статичної остійності необхідно побудувати площі «a» і «b».

Для розрахунку величини площі «a» і «b» використаємо правило Сімпсона. Для цього площі «a» і «b» діляться на чотири ділянки однакової довжини по куту крену. Розрахунок площ виконується в табличній формі аналогічно розрахунку площі a_{0-40} . При цьому, замість множника 0,1745, приймаємо довжини ділянок $\Delta\theta_1$ і $\Delta\theta_2$ у радіанах.

Розрахунки площ за правилом Сімпсона на відхід виконано в табл. 4.13.

Таблиця 4.13 – Визначення площ «а» і «b» на відхід за правилом Сімпсона

$\Delta\theta_1 = (\theta_1 + 1,5\theta_0)/4 = (19,8 + 1,5 \cdot 1,8)/4 = 5,63^\circ$ $\Delta\theta_1^{\text{рад}} = 5,63^\circ/57,3 = 0,0982$ рад					
$\Delta\theta_2 = (\theta_b - 1,5\theta_0)/4 = (50 - 1,5 \cdot 1,8)/4 = 11,83^\circ$ $\Delta\theta_2^{\text{рад}} = 11,83^\circ/57,3 = 0,2064$ рад					
a_i	k_i	$a_i \cdot k_i$	b_i	k_i	$b_i \cdot k_i$
$a_1 = 0,620$	1	0,620	$b_1 = 0$	1	0
$a_2 = 0,441$	4	1,764	$b_2 = 0,322$	4	1,288
$a_3 = 0,276$	2	0,552	$b_3 = 0,690$	2	1,380
$a_4 = 0,139$	4	0,556	$b_4 = 0,951$	4	3,804
$a_5 = 0$	1	0	$b_5 = 0,996$	1	0,996
		$\Sigma_a = 3,492$			$\Sigma_b = 7,468$
$a = \frac{1}{3} \Sigma_a \cdot \Delta\theta_1^{\text{рад}} = \frac{1}{3} 3,492 \times 0,0982 = 0,114$			$b = \frac{1}{3} \Sigma_b \cdot \Delta\theta_2^{\text{рад}} = \frac{1}{3} 7,468 \times 0,2064 = 0,514$		

Розрахунки площ на прихід виконано в табл. 4.14.

Таблиця 4.14 – Визначення площ «а» і «b» на прихід за правилом Сімпсона

$\Delta\theta_1 = (\theta_1 + 1,5\theta_0)/4 = (19,8 + 1,5 \cdot 1,8)/4 = 5,63^\circ$ $\Delta\theta_1^{\text{рад}} = 5,63^\circ/57,3 = 0,0982$ рад					
$\Delta\theta_2 = (\theta_b - 1,5\theta_0)/4 = (50 - 1,5 \cdot 1,8)/4 = 11,83^\circ$ $\Delta\theta_2^{\text{рад}} = 11,83^\circ/57,3 = 0,2064$ рад					
a_i	k_i	$a_i \cdot k_i$	b_i	k_i	$b_i \cdot k_i$
$a_1 = 0,620$	1	0,620	$b_1 = 0$	1	0
$a_2 = 0,441$	4	1,764	$b_2 = 0,322$	4	1,288
$a_3 = 0,276$	2	0,552	$b_3 = 0,691$	2	1,382
$a_4 = 0,139$	4	0,556	$b_4 = 0,953$	4	3,812
$a_5 = 0$	1	0	$b_5 = 0,999$	1	0,999
		$\Sigma_a = 3,492$			$\Sigma_b = 7,481$
$a = \frac{1}{3} \Sigma_a \cdot \Delta\theta_1^{\text{рад}} = \frac{1}{3} 3,492 \times 0,0982 = 0,114$			$b = \frac{1}{3} \Sigma_b \cdot \Delta\theta_2^{\text{рад}} = \frac{1}{3} 7,481 \times 0,2064 = 0,515$		

4.6 Перевірка виконання рекомендованих ІМО критеріїв остійності

Виконаємо перевірку остійності за вимогами ММО порівнюючи розраховані значення с нормативними (табл. 4.15) [27].

Таблиця 4.15 – Перевірка виконання рекомендацій ММО

Найменування величин	Позна-чення	Значення величин			Викон. (YES/ NO)
		норма-тивні	відхід	прихід	
Загальні вимоги:					
Площа під ДСО до кута крену 30 ⁰ , м·рад	A ₃₀	≥ 0,055	0,215	0,215	YES
Площа під ДСО до кута крену 40 ⁰ , м·рад	A ₄₀	≥ 0,09	0,383	0,383	YES
Площа під ДСО між 30 ° і 40 °, м рад	A ₃₀₋₄₀	≥ 0,03	0,168	0,168	YES
Плече ДСО при куті крену 30° або більше, м	l ₃₀	≥ 0,20	0,855	0,857	YES
Кут крену, що відповідає максимуму ДСО, °	θ _m	≥ 25	46,5	46,5	YES
Виправлена метацентрична висота, м	h	> 0,15	1,39	1,39	YES
Критерій погоди	K	≥ 1	4,51	4,52	YES
Кут крену від постійного вітру, °	θ ₀	≤ 15,1	1,8	1,8	YES

На відхід і прихід остійність судна задовольняє всім вимогам ММО.

4.7 Перевірка загальної поздовжньої міцності корпусу

Перевірку подовжньої міцності виконуємо по наближених формулах. Для розрахунку складової моменту, що вигинає, на міделі від сил дедвейту слід зробити розрахунок арифметичної суми моментів мас дедвейту (табл. 4.16).

Таблиця 4.16 – Розрахунок арифметичної суми моментів сил дедвейту

Найменування приміщення	Плече /x/, м	На відхід		На прихід	
		м, т	/M _x /, тм	м, т	/M _x /, тм
1	2	3	4	5	6
FO SERVICETK.S	31,35	16,3	511	16,3	511
FO SETTLINGTK.S	32,569	20,9	680,7	20,9	680,7
NO.1 HFO TK.P	27,184	32,5	883,5	30,5	829,1
NO.1 HFO TK.S	27,332	38,8	1060,5	32,2	880,1
NO.1 DO. SER TK. P	32,746	10,7	350,4	10,7	350,4
NO.2 DO. SER TK. P	34,497	5,8	200,1	5,8	200,1
DO. SETTLING TK. P	30,299	12,5	378,7	12,5	378,7
GEN L/O TK. P	37,648	1,8	67,8	1,8	67,8
MAINENG L/O TK. P	37,648	7,7	289,9	7,4	278,6
DRINKING W. TK. P	46,714	25	1167,9	22,9	1069,8
DRINKING W. TK. S	46,714	25	1167,9	22,9	1069,8
NO.1 C.O.T. (P)	34,849	395,5	13782,8	395,5	13782,8
NO.1 C.O.T. (S)	34,842	394,8	13755,6	394,8	13755,6
NO.2 C.O.T. (P)	23,925	518,4	12402,7	518,4	12402,7
NO.2 C.O.T. (S)	23,928	519,8	12437,8	519,8	12437,8
NO.3 C.O.T. (P)	12,838	537,9	6905,6	537,9	6905,6
NO.3 C.O.T. (S)	12,836	534,7	6863,4	534,7	6863,4
NO.4 C.O.T. (P)	1,636	536,2	877,2	536,2	877,2
NO.4 C.O.T. (S)	1,638	537,8	880,9	537,8	880,9
NO.5 C.O.T. (P)	9,562	535,3	5118,5	535,3	5118,5

Продовження табл. 4.16

1	2	3	4	5	6
NO.5 C.O.T. (S)	9,564	532,1	5089	532,1	5089
NO.6 C.O.T. (P)	20,241	479,3	9701,5	479,3	9701,5
NO.6 C.O.T. (S)	20,197	478,2	9658,2	478,2	9658,2
Константа	24,5	29	710,5	29	710,5
СУМА:		6226	104942,1	6212,9	104499,8

Перевірка подовжньої міцності судна в рейсі з використанням наближених формул може бути представлена у формі табл. 4.17.

Таблиця 4.17 – Перевірка загальної подовжньої міцності судна в рейсі

Найменування величин	Позначення і формули	Значення величин	
		відхід	прихід
Числ. коефіцієнт для судна порожнього	k_{Π}	0,126	
Виг.мом. від ваги судна порожнього, кНм	$M_{\Pi} = k_{\Pi} D_0 L g$	347732	
Виг.момент від сил дедвейту, кНм	$M_{DW} = 1/2 g \Sigma/M_x/$	514741	512572
Коефіцієнт загальної повноти	δ	0,836	0,836
Числ.коефіцієнт для сил підтримки	$k_{сп} = 0,0895 \delta + 0,0315$	0,1063	0,1063
Виг.момент від сил підтримки, кНм	$M_{сп} = - k_{сп} D L g$	-903659	-902375
Виг.момент на тихій воді, кНм	$M_{виг} = M_{\Pi} + M_{DW} + M_{сп}$	-41176	-42065
Вид деформації	(перегин / прогин)	прогин	прогин
Чисельний коефіцієнт	k_0	0,0173	0,0173
Допустимий виг.мом. на міделі, кНм	$M_{доп} = k_0 B L^{2,3} g$	105483	105483
Виг. момент у % від допустимого	$100 M_{виг} / M_{доп}$	39,0	39,9

Протягом всього рейсу загальна подовжня міцність забезпечена.

РОЗДІЛ 5

ВПЛИВ МІЖНАРОДНИХ СТАНДАРТІВ ОЧИЩЕННЯ БАЛАСТНИХ ВОД НА ПРОЕКТУВАННЯ СУДЕН

5.1 Основні положення міжнародних вимог по баластним водам

В міжнародному суднопластві існує положення і стандарти, які визначають процедури експлуатації суден, в яких є рекомендації по баластним водам. Основним регулятором виступає The International Convention for the Control and Management of Ships Ballast Water and Sediments – ця Конвенція один з ключових документів, який містить заходи щодо захисту навколишнього середовища спрямованих на запобігання поширенню потенційно шкідливих організмів через баластні води, який вступив в чинність 8 вересня 2017 року. До вересня 2017 конвенція була ратифікована більш ніж 60 країнами, що представляють більше 70% світового тоннажу [28].

Конвенція вимагає від суден управляти баластними операціями таким чином, щоб прибрати, знешкодити або уникнути забору або відкатки шкідливих організмів з баластними водами або в осаді.

З дати вступу Конвенції в силу судна повинні працювати з баластом і осадами у відповідності зі стандартами, визначеними в план управління баластними водами для конкретного судна (ship-specific ballast water management plan). Судна повинні мати [29]:

- A ballast water management plan – індивідуальний для кожного судна, що включає детальний порядок дій щодо впровадження вимог конвенції;

- A ballast water record book – журнал всіх баластних операцій, виконаних на борту: рециркуляції, очищення або відкатки в море. Також необхідно вказувати відкатку баласту в приймальне спорудження або непередбачену (аварійну) відкатку за борт.

Судна також повинні отримати спеціальний сертифікат (an International

Ballast Water Management Certificate) для суден від 400 рт і вище, який видається адміністрацією держави прапора і підтверджує, що судно працює з баластом відповідно до вимог конвенції, також уточнює яким стандартом відповідає судно і дату закінчення придатності сертифіката.

Конвенція розділяє два стандарти – стандарт D-1 і стандарт D-2.

Стандарт D-1 вимагає від суден робити заміну баласту у відкритому морі, не ближче 200 миль від берега і на глибині не менше 200 м, що дозволяє знешкодити більшість потенційно небезпечних організмів. У разі, якщо цю вимогу нездійснено, то мінімальні вимоги мають бути – в 50 милях від берега і на глибині не менше 200 м або в позначеній зоні заміни баласту відповідно до правила В-4 конвенції.

Судна, що виконують заміну баласту, повинні замінити не менше 95% об'єму танка. Судна, що виконують заміну баласту «на перелив» повинні прогнати не менше трьох обсягів кожного танка. Можливо і меншу кількість прокаток, якщо судно може довести, що замінено 95% від обсягу танка.

Стандарт D-2 визначає максимально допустимий до відкатці кількість шкідливих організмів, включаючи певні мікроби небезпечні для людського здоров'я.

Таким чином з 8 вересня 2017 всі судна повинні відповідати стандарту D-1, а всі нові судна стандарту – D-2, для чого судна повинні мати ballast water treatment system (BWTS).

Уряд учасників ІМО домовилися пов'язати приведення існуючих суден до стандарту D-2 разом з оновленням International Oil Pollution Prevention Certificate (IOPPC).

Судна, які здійснюють управління баластними водами відповідно до цього правила, повинні скидати менше 10 життєздатних організмів на кубічний метр, що перевищує або дорівнює 50 мікрометрів в мінімальному вимірі, і менше 10 життєздатних організмів на мілі літр, менші 50 мікрометрів в мінімальному вимірі і перевищують або рівний 10 мікрометрів в мінімальному вимірі; і викид індикаторних мікробів не повинен перевищувати зазначених концентрацій,

зазначених у пункті 2. Послідовність впровадження вимог щодо очищення баластних вод приведена на рис. 5.1 [30].

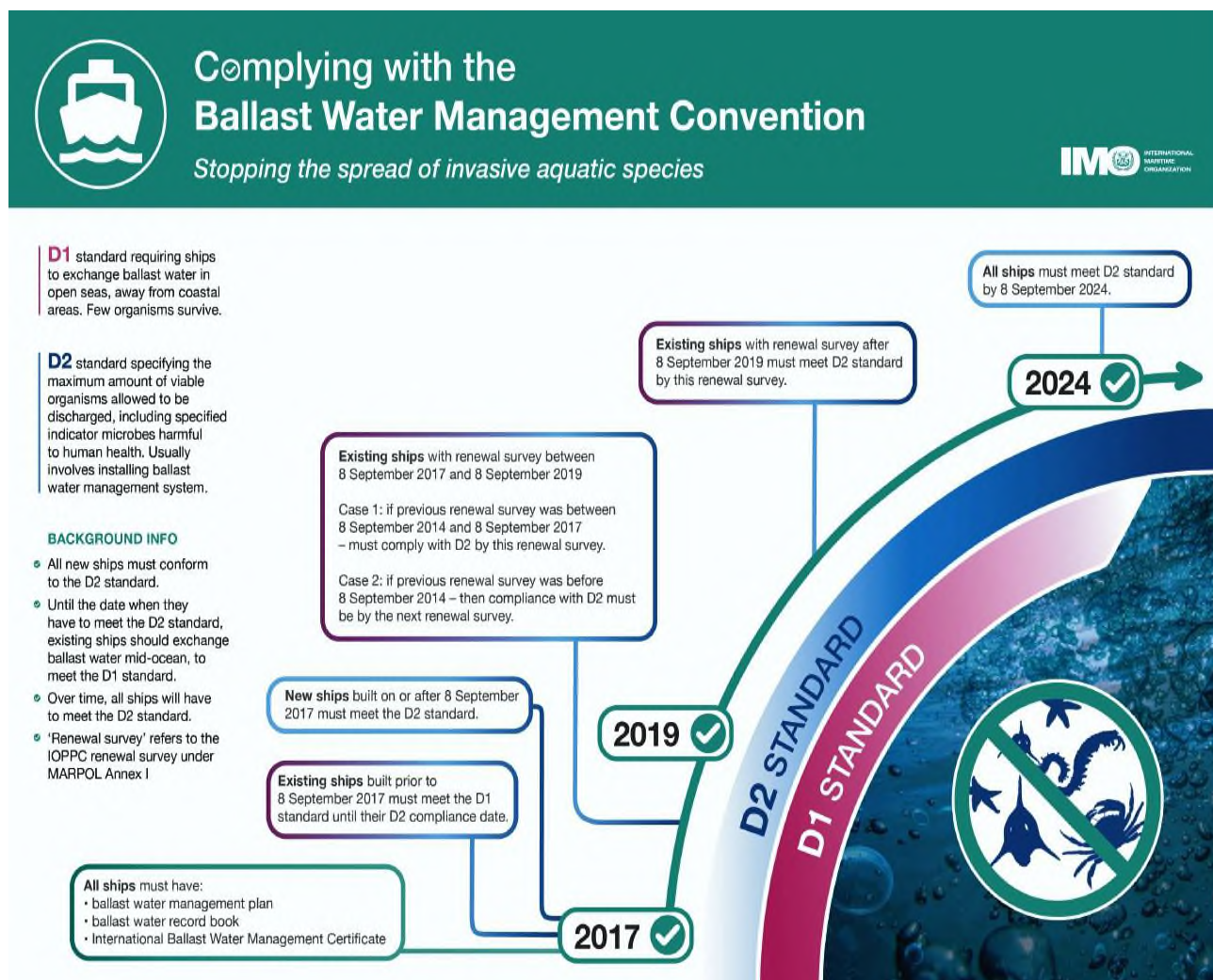


Рисунок 5.1 – Послідовність впровадження вимог до очищення баластних вод

Індикаторні мікроби, як стандарт здоров'я людини, повинні включати:

1. Токсикогенні холерні вібріони (O1 і O139) з менш ніж 1 колоноутворюючою одиницею (КУО) на 100 мілі літрів або менше 1 КУО на 1 грам (волога вага) зразків зоопланктону;
2. Кишкова паличка менш 250 КУО на 100 Мілі літрів;
3. Кишкові ентерококи менше 100 КУО на 100 Мілі літрів.

Стандарти ІМО щодо наявності біоактивних організмів в баластних водах приведені на рис. 5.2.

Category	IMO Standard
> 50 my (Zooplankton)	< 10 off per m ³
10–50 my (Phytoplankton)	< 10 off per ml
Bacteria	
-Toxicogenic <i>Vibrio cholerae</i>	< 1 cfu/100 ml
-E-coli	< 250 cfu/100ml
-Intestinal Enterococci	< 100 cfu/100 ml

Рисунок 5.2 – Стандарти ІМО щодо наявності біоактивних організмів в баластних водах торговельних суден, дозволяючи їм віддавати баласт в портах

Конвенція ІМО (Міжнародної морської організації) з управління баластними водами застосовується до всіх суден і морських споруд, які застосовують баластні води і беруть участь в міжнародних рейсах. Бажані результати застосування Конвенції приведено на рис. 5.3.

IMO PERFORMANCE STANDARD AND OPTIMARIN TEST RESULTS		
CATEGORY	IMO, D2 PERFORMANCE STANDARD	OPTIMARIN TEST RESULTS - NIVA
Zoo plankton > 50 my 10³ m⁻³ ± 10% in 3 lots, 3 species from 3 diff. phytoplankton	<10 off per m ³	0,39 per m ³ >99.999 % removal
Phytoplankton 10-50 my 10⁴ ml⁻¹, 10⁵ ml⁻¹ 5 lots, 3 species from 3 diff. phytoplankton	<10 off per ml	<0,2 per ml >99.99 % removal
Bacteria and Virus	Toxicogenic <i>Vibrio cholerae</i> E-coli Intestinal Enterococci	<1 cfu/100 ml <250 cfu/100 ml <100 cfu/100 ml

Рисунок 5.3 – Результати застосування Конвенції

Міжнародна конвенція про контроль суднових баластних вод й осадів та управління ними була прийнята Дипломатичною конференцією в ММО в Лондоні в лютому 2004 року. Програма Конвенції досі триває, але вже має відмінні результати у її втіленні.

В судноплавстві вимоги і бажання зберегти екологію світової спільноти активно підтримували, але вартість нових систем та необхідні фінансові вкладення досить значні для судновласників, тому обираючи систему зі схваленням, необхідно уважно ознайомитися із зазначеними операційними обмеженнями, накладеними на використання системи при запланованому дебаластуванні в територіальних водах, наприклад країн Балтії, Канади, США тощо. Так, деякі системи вимагають утримання баластної води на борту до трьох діб, перш ніж її можна викачати. Інші системи чутливі до солоності води, яка подається на електролізну камеру. Є також вимоги до мінімальної інтенсивності УФ-випромінювання, яка по факту може бути досягнута при максимальному енергоспоживанні, що унеможливує встановлення такої системи при існуючій резервній потужності на деяких судах без істотної модифікації електростанції. Так, наприклад, при оцінці установки на танкері типу «афрамекс» з двома баластними насосами продуктивністю 1,500 м.куб./год необхідне енергоспоживання системи для задоволення вимог типового схвалення склало 880 кВт, що призводить до повного навантаження на електростанцію при вантажних операціях з віддачею баласту 1,917 кВт або ж 99-відсоткового завантаження всіх трьох наявних генераторів [31].

Необхідно також пам'ятати, що в принципі установка системи управління баластними водами (СУБВ) для задоволення необхідних стандартів до баластної води в портах США не потрібна. Тому, якщо постійна робота в тому регіоні не планується, доступний вибір систем до установки стає набагато ширше.

5.2 Огляд і аналіз судових систем очищення баласту

З огляду на те, що названі обмеження по роботі систем вказані безпосередньо в сертифікаті типового схвалення і не є якою-небудь комерційною таємницею, можна розглянути їх в рамках даної роботи. Метою цієї роботи не є особливе виділення яких-ось систем або ж робити їм рекламу –

система, яка підходить одному судновласнику, може не підійти іншому за різними критеріями (як технічного характеру, так і комерційного). Електронні копії сертифікатів вільно доступні на сайті Берегової охорони США в розділі «Навколишнє середовище».

Системи фізичного поділу або фільтрації використовуються для відділення морських організмів і зважених твердих матеріалів від водяного баласту з використанням систем седиментації або поверхневої фільтрації. Зважені / відфільтровані тверді частинки і відпрацьована (зворотна промивка) вода в процесі фільтрації або скидаються в зону, звідки береться баласт, або додатково обробляються на борту суден перед вивантаженням.

Наступне обладнання в основному використовується для фільтрації водяного баласту [32]:

Екрани та диски: Екрани (фіксовані або рухомі) або диски використовуються для ефективного видалення зважених твердих частинок з водяного баласту з автоматичної зворотним промиванням. Вони надзвичайно безпечні для навколишнього середовища, оскільки не вимагають використання токсичних хімікатів в баластній воді. Ситова фільтрація ефективна для видалення зважених твердих частинок більшого розміру, але не дуже зручна для видалення частинок і організмів менших розмірів.

Було помічено, що, хоча екрани дуже ефективні для видалення більшості зважених твердих частинок і організмів з баластної води, їх одних недостатньо для обробки баластної води відповідно до стандартів ІМО.

Гідроциклон – це ефективне обладнання для відділення завислих речовин від водяного баласту. Високошвидкісна відцентрова сила використовується для обертання води для відділення твердих частинок. Оскільки гідроциклон не має рухомої частини, його легко встановлювати, експлуатувати і обслуговувати на борту суден. Схема і принципи дії такої системи відображено на рис. 5.4.

Коагуляція. Оскільки більшість методів фізичної фільтрації не здатні видаляти більш дрібні тверді частинки, метод коагуляції використовується до процесу фільтрації для об'єднання дрібніших частинок, щоб збільшити їх розмір.

У міру збільшення розміру частинок ефективність під час вищезгаданих процесів фільтрації збільшується. Така обробка, що включає коагуляцію дрібних частинок в дрібні пластівці, відома як флокуляція. Пластівці осідають швидше і можуть бути легко видалені.

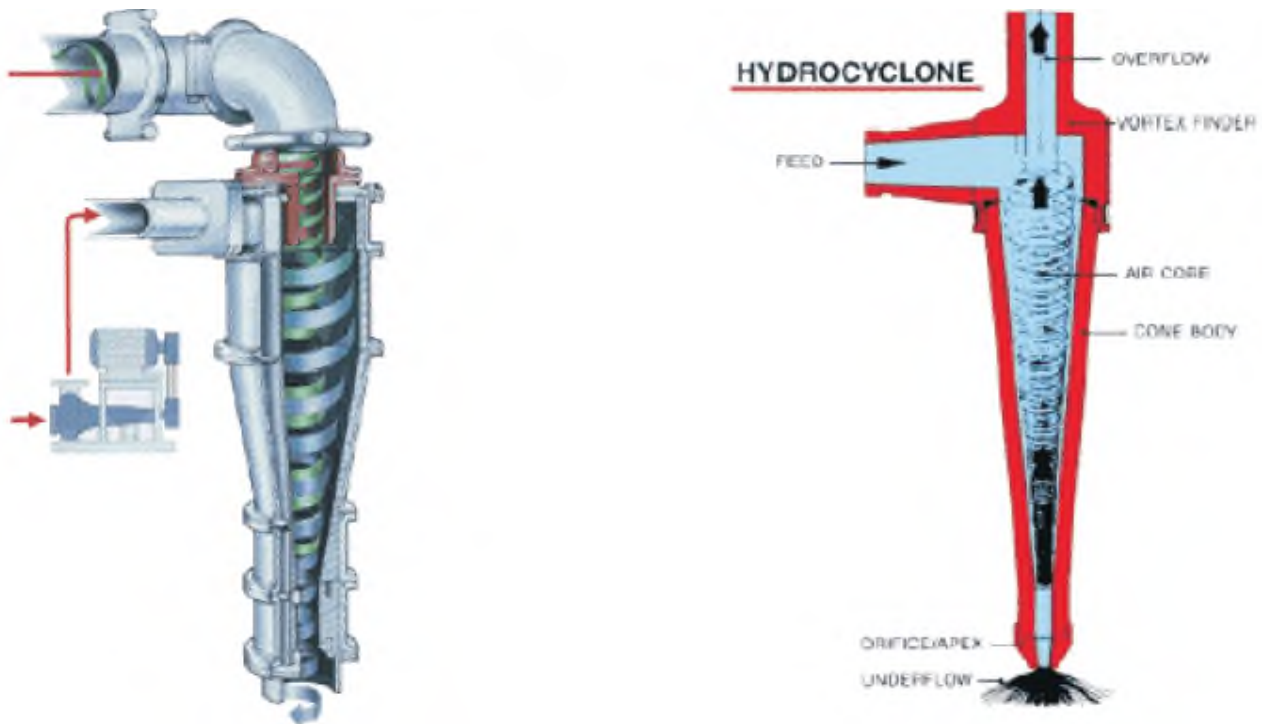


Рисунок 5.4 – Конструкція гідроциклонного всасувального пристрою

У деяких системах очищення баластних вод, в яких використовуються коагуляція і флокуляція, використовується допоміжний порошок (пісок, магнетит і т. Д.) Або фільтри грубої очистки для виробництва пластівців. Для цього потрібен додатковий резервуар для обробки баластної води, і тому на борту суден потрібний додатковий простір.

При обробці магнітного поля використовується технологія коагуляції. Магнітний порошок змішують з коагулянтами і додають в баластну воду. Це призводить до утворення магнітних пластівців, до складу яких входять морські організми.

Магнітні диски використовуються для відділення цих магнітних скупчень від води. Схема і принци дії такої системи відображено на рис. 5.5.

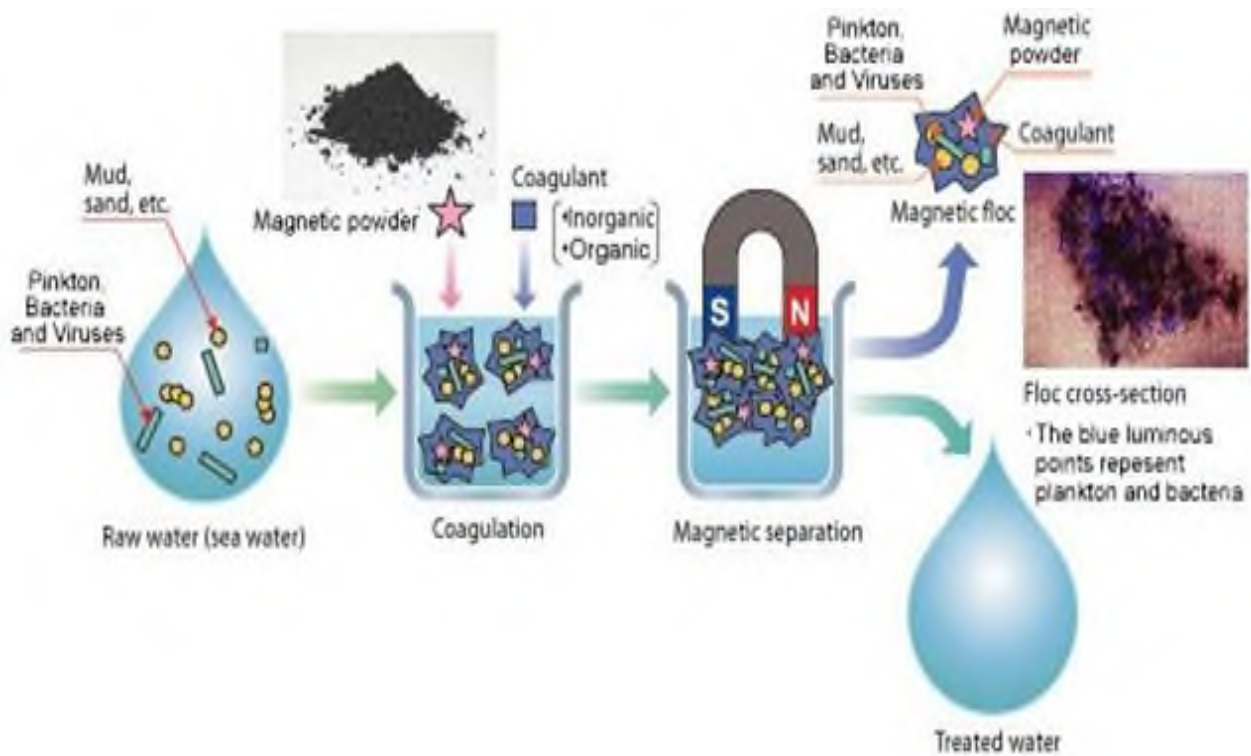


Рисунок 5.5 – Схема процесу очистки баластних вод методом коагуляції

Біоциди (окислюють і не окислюють) є дезінфікуючими засобами, які були протестовані на предмет потенційного видалення інвазійних організмів з баластної води. Біоциди видаляють або деактивують морські організми в баластній воді. Однак слід зазначити, що біоциди, які використовуються для дезінфекції баластних вод, повинні бути ефективними для морських організмів, а також легко розкладається або видаляються, щоб запобігти скидання токсичних вод по природі [33].

За своїми функціями біоциди в основному діляться на два типи:

- окислювані
- неокислювані

Окислювальні біоциди є загальними дезінфікуючими засобами, такими як хлор, бром і йод, які використовуються для інактивації організмів в баластній воді.

Дезінфікуючі засоби цього типу діють шляхом руйнування органічних структур мікроорганізмів, таких як клітинна мембрана або нуклеїнові кислоти. Деякі з процесів, що використовують окислюють біоциди, які використовуються

на борту суден:

Хлорування – хлор розчиняють у воді, щоб знищити мікроорганізми.

Озонування – озоновий газ барботують в баластну воду за допомогою генератора озону. Озоновий газ розкладається і реагує з іншими хімічними речовинами, вбиваючи організми в воді.

Інші окислювальні біоциди, такі як діоксид хлору, над оцтова кислота і перекис водню, також використовуються для знищення організмів в баластній воді.

Неокиснюваними біоцидами є тип дезінфікуючих засобів, які при використанні порушують репродуктивні, нервові або метаболічні функції організмів.

Хоча на ринку є кілька неокиснюваних біоцидів, лише деякі, такі як Menadione / Vitamin K, використовуються в системі очищення баластових вод, оскільки вони мають тенденцію виробляти токсичні побічні продукти. У цій області проводиться багато досліджень, щоб зробити можливим використання неокислюваних біоцидів в баластних установках.

Також існують інші методи очищення баластних вод такі як:

1. Ультрафіолетовий метод лікування:

Метод обробки баласту ультрафіолетом складається з ультрафіолетових ламп, які оточують камеру, через яку пропускається баластна вода. Ультрафіолетові лампи (лампи Amalgam) виробляють ультрафіолетові промені, які впливають на ДНК організмів, роблять їх нешкідливими і перешкоджають їх розмноженню. Цей метод був успішно використаний у всьому світі для цілей фільтрації води і ефективний проти широкого спектра організмів.

2. Термічна обробка:

Ця процедура включає нагрівання водяного баласту до температури, яка вб'є організми. Для нагріву баластної води в резервуарах може використовуватися окрема система опалення, або баластна вода може використовуватися для охолодження суднового двигуна, знезаражуючи організми від тепла, одержуваного від двигуна. Однак така обробка може

зайняти багато часу, перш ніж організми стануть неактивними, а також збільшить корозію в резервуарах.

3. Кавітація або ультразвукова обробка:

Ультразвукова енергія використовується для виробництва ультразвуку високої енергії, щоб вбити клітини організмів в баластній воді. Такі методи кавітації водяного баласту високого тиску зазвичай використовуються в поєднанні з іншими системами.

4. Електроімпульсна / плазмова обробка:

У цій системі короткі сплески енергії використовуються для знищення організмів в баластній воді. Ця система знаходиться на стадії удосконалення метою досягнення максимально безпечного режиму роботи, та найбільш можливо буде заборонена для використання на наливних танкерах та танкерах газозах. В технології імпульсного електричного поля два металеві електроди використовуються для генерації імпульсу енергії в баластній воді при дуже високій щільності потужності і тиску. Ця енергія вбиває організми в воді.

В електричній плазмовій технології імпульс високої енергії подається в механізм, поміщений в баластну воду, генеруючи плазмову дугу і, таким чином, вбиваючи організми. Обидва цих методи надають майже однаковий вплив на організми.

5. Система обробки баласту на судах:

Більшість систем очищення баластових вод використовують 2-3 методи дезінфекції, розділених на різні стадії. Станція загальної обробки водяного баласту складається з двох стадій, одна з яких передбачає фізичне поділ, а друга - з використанням деякої технології дезінфекції. Вибір системи обробки, використовуваної в комбінації, залежить від безлічі факторів, таких як тип судна, обсяг пам'яті, доступний на судні і обмеження вартості, як згадувалося раніше. Описана система представлена на рис. 5.6.

Найпопулярніша комбінація - це фільтрація і УФ, які використовуються в 31 різних системах управління водяним баластом. Слід зазначити, що сім найбільш популярних з 17 систем управління баластними водами, які отримали

схвалення від берегової охорони сполучених штатів (USCG), використовували цю методологію:

1. Alfa Laval, Pure Ballast;
2. BIO UV, Bio Sea;
3. Desmi Ocean Guard, Compact Clean;
4. Hyundai HI, Eco Ballast;
5. Optimarin, OBS/OBS Ex;
6. Pansia, Glo En Patrol;
7. Wärtsilä, Aquarius UV.

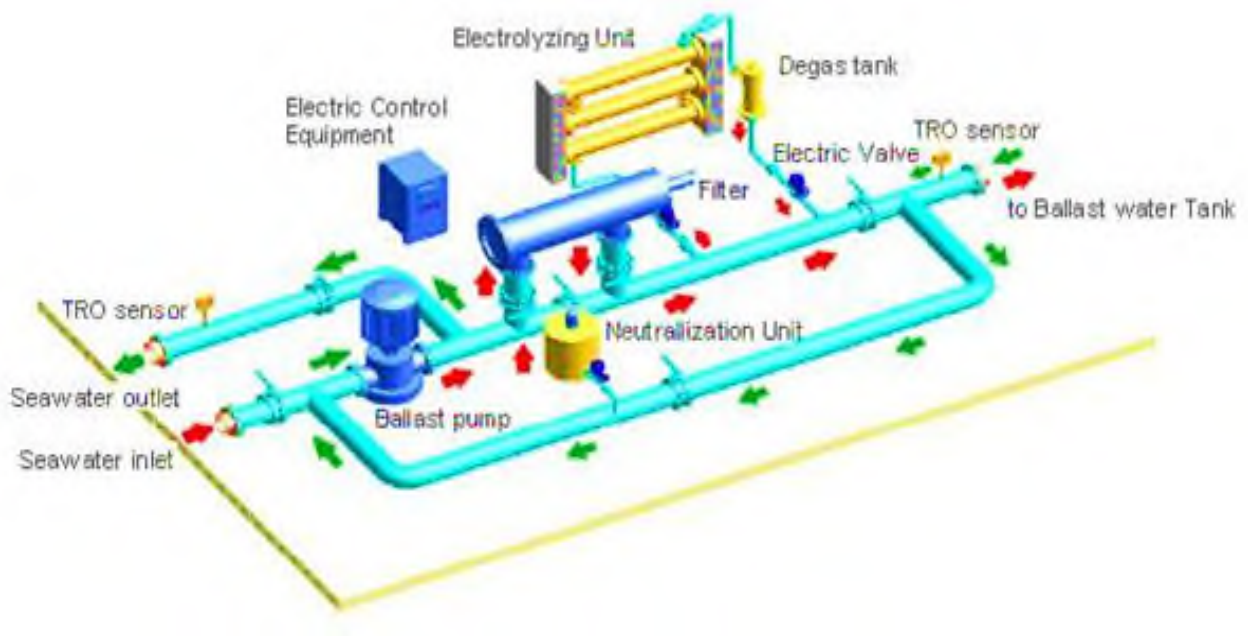


Рисунок 5.6 – Система очищення баластових вод на судах

Друга найбільш часто використовувана комбінація – це фільтрація і електроліз / електрохлорування, що є особливістю 17 перерахованих систем управління баластною водою. Шість систем управління баластними водами, які використовують цю методологію, отримали схвалення від берегової охорони сполучених штатів (USCG):

1. De Nora, Bal Pure;
2. Environcleanse, In Tank;
3. Erma First, FIT;

4. Samsung HI, Purimar;
5. SunRui, Bal Clor;
6. Wärtsilä, Aquarius EC.

Після цих двох великих підмножин існує 33 інших методологій, які мають п'ять або менше прихильників. Використання індикатора USCG, застосованого для схвалення типу, показує сім інших методологій:

1. Фільтрація, хлорування (екохлор - схвалений тип USCG; JFE Engineering - схвалений тип USCG).
2. Фільтрація, ультрафіолетове випромінювання, ULF Wave (Semb-Eco LUV - схвалено схвалення типу USCG).
3. Фільтрація, вдосконалене окислення, електрокаталіз (технологія Headway (Qingdao) - схвалено USCG).
4. Озонування (NK Co - дві системи, схвалені USCG).
5. Фільтрація, електроліз / електрохлорування, деоксигенації (TeamTec (OceanSaver) - схвалено USCG).
6. Фільтрація, електрохлорування (Techcross ECS-HyChlor - схвалено USCG).
7. Електроліз / Електрохлорування (Techcross Electro-Cleen - схвалений USCG).

До початку 2018 року було шість схвалених систем (перераховані нижче в порядку подачі заявок на схвалення). При цьому деякі системи вже встигли оновити спочатку видані сертифікати з різних причин. В принципі, така кількість схвалених систем (з шести систем дві системи УФ-типу, дві системи електролізу попутного потоку, одна система електролізу повного потоку і одна система біоцидного типу) забезпечує достатній вибір для здійснення переоснащення будь-якого комерційного судна [34]. Дві знаходяться в розгляді заявки істотних змін не зроблять в плані доступних технологій (одна система електролізу попутного потоку і одна – повного), але забезпечать більш широкий комерційний вибір, підвищуючи конкурентність на ринку:

1. Optimarin (Норвегія), СУБВ OBS/OBS Ex. Заявка подана 20 вересня 2016 р. схвалення отримано 2 грудня 2016 р.

Принцип дії – фільтрація та обробка ультрафіолетом при прийомі баласту, додаткова обробка ультрафіолетом при віддачі баласту. Система не має обмежень по солоності і практично по температурі оброблюваної води (вказано робочий діапазон 0-55 градусів Цельсія), проте є обмеження по часу утримання - дебаластування не дозволяється раніше ніж через 3 дні від взяття води на борт. Саме критичне обмеження – інтенсивність УФ-випромінювання > 600 W/м.кв. Така інтенсивність може бути досягнута тільки при максимальному енергоспоживанні. Розрахунок необхідної потужності можна отримати у виробника (або ж у технічних консультантів).

2. Alfa Laval (Швеція), СУБВ Pure Ballast 3. Заявка подана 21 вересня 2016 р. схвалення отримано 23 грудня 2016 р.

Принцип дії – фільтрація та обробка ультрафіолетом при взятті баласту, додаткова обробка ультрафіолетом при віддачі баласту. Система не має обмежень по солоності і по температурі оброблюваної води. Як і для попередньої системи, тут є обмеження по часу утримання - дебаластування не дозволяється раніше ніж через 72 години від взяття води на борт.

Також є обмеження по інтенсивності УФ-випромінювання. Однак цей виробник має інший алгоритм роботи системи і допускається зниження потоку для поліпшення енергоефективності.

На даний момент операційний режим для відповідності вимогам США пропонується покупцеві як опція за невелику (відносно) доплату і вирішується програмними методами. Зокрема, в цьому режимі (з метою скорочення енергоспоживання) завищується допустимий коефіцієнт пропускання УФ (UV-T). Цей важливий параметр показує, яка кількість УФ-випромінювання здатне пройти через воду.

Alfa Laval Pure Ballast 3 – це третє покоління провідної технології очищення баластових вод – і перше готове рішення для G8. Він пропонує неперевершену продуктивність у всіх типах води: солоної, прісної, солонуватої і морської. На

сьогоднішній день було продано більше 4000 систем Pure Ballast, в тому числі сотні встановлені в якості до оснащення.

Альфа Лаваль Pure Ballast 3 використовує вдосконалену форму ультрафіолетової обробки, розроблену у співпраці з Wallenius Water. Він працює без додавання солі або хімікатів, навіть при роботі в прісній воді.

Біологічна дезінфекція, яка є основним процесом обробки, відбувається в посиленому УФ-реакторі. Реактор має внутрішню частину з оптимізованим потоком, яка забезпечує високу турбулентність і концентрацію дози ультрафіолету.

Ультрафіолетові лампи середнього тиску всередині реактора використовують спеціально розроблені рукава з синтетичного кварцу. Ці унікальні рукава підтримують передачу більш широкого діапазону довжин хвиль і забезпечують більше ультрафіолету під час дезінфекції. У поєднанні з внутрішньою конструкцією реактора це забезпечує оптимальне дозування ультрафіолетового випромінювання і низьке енергоспоживання.

Фільтрування підтримує реактор та являє собою фільтруючу щабель, використовувану для видалення будь-яких більших організмів і частинок перед біологічної дезінфекцією. Це покращує якість води для очищення, особливо при роботі в митних прибережних водах і прісній воді.

У поєднанні з реактором ефективна конструкція корзинчатим фільтра забезпечує можливість повної обробки прісної, солонуватою і морської води з коефіцієнтом пропускання ультрафіолетового випромінювання до 42%.

Для можливості дооснащення суден системами очищення баласту компанія Alfa Laval розробила систему PureBallast 3 Compact Flex, яка ідеально підходить для більшості суден, поставляється у вигляді незакріплених компонентів для полегшення монтажу, витрата 1000 м. куб./год.

Pure Ballast 3 Compact Flex – дуже гнучка вбудована система з мінімальною займаною площею. Етапи обробки інтегровані в трубопровід баластної води у вигляді вбудованих компонентів. Використання простих контактів «plug-and-play» дозволяє скоротити час і витрати на проектування і монтаж, що робить його

ідеальним для більшості установок.

Компоненти очищення системи Alfa Laval PureBallast 3 Compact Flex:

- фільтр;
- реактор

Принципова схема очистки не відрізняється від системи BIO-SEA так як має ідентичних засіб лікування.

Додаткові компоненти – це системи підтримки, які можна гнучко розміщувати для оптимальної конструкції.

- електрошафа;
- компактний блок очистки на місці (CIP);
- LDC1 / LDC2 для потоків вище 300 м. куб / год

Існує широкий спектр допоміжного обладнання для підтримки інтеграції в будь-яке судно, включаючи насоси зворотного промивання, точки відбору проб, пакети клапанів і панелі дистанційного керування.

3. Team Tec OceanSaver AS, СУБВ Ocean Saver MkII. Заявка подана 23 вересня 2016 р. схвалення отримано 23 грудня 2016 р.

Принцип дії – фільтрація і електродіаліз попутного потоку. Система не має обмежень по солоності і по температурі оброблюваної води, але зате висуває вимоги до температури попутного потоку, що подається на Хлорінатор, - температура повинна бути більше 17 градусів Цельсія і солоність вище 20 одиниць практичної солоності. Це може зажадати підігріву води, що подається, а також змішування з запасеної заздалегідь солоною водою. Необхідно відзначити, що енергоспоживання системи, що працює за такою технологією, безпосередньо залежить від солоності води, що подається - чим нижче солоність, тим вище енергоспоживання. Попутний потік виходить шляхом відбору частини баластної води після фільтра (в різних системах по-різному, але приблизно це складає 1% продуктивності системи).

Система не має обмеження за часом утримання води - це досягається за рахунок процесу нейтралізації при дебалластуванні шляхом додавання хімії (очевидно, що запас такої хімії необхідно мати на борту, її витрата теоретично

залежить від тривалості баластного рейсу - чим довше рейс, тим нижче витрата, це також може бути застосовано до подібних систем, розглянутих далі).

4. Sunrui (Китай), СУБВ Bal Clor. Заявка подана 24 січня 2017 р. схвалення отримано 6 червня 2017 р.

Принцип дії – фільтрація і електроліз попутного потоку. Система не має обмежень по солоності, температури і часу утримання води на тих же умовах, як і попередня система. Однак має поліпшені показники для подається на Хлорінатор води – температура вище 5 градусів Цельсія і солоність більше 15 одиниць практичної солоності.

5. Ecochlor, Inc (США), СУБВ Ecochlor. Заявка подана 31 березня 2017 р. схвалення отримано 10 серпня 2017 р.

Принцип дії – фільтрація і уприскування хімії. Система не має обмежень по солоності і температури води, але потрібно утримання води протягом 24 годин і потім перед дебалластуванням провести контрольний замір залишкових окислювачів – якщо показник буде перевищувати допустимий рівень, відкачування баласту забороняється.

Нормується дозування подається хімічного розчину. Вона не залежить від зовнішніх чинників і завжди постійна. Тому, знаючи кількість баласту і запас хімії, можна досить точно сказати, скільки операцій можна зробити і коли треба замовляти поповнення запасу.

У порівнянні з усіма іншими наданими в даному списку системами, ця СУБВ має мінімальне енергоспоживання, яке не залежить від якості / кількості оброблюваної води. Однак потрібно зберігання достатньої кількості хімікатів на борту в спеціальних контейнерах.

6. Erma First (Греція), СУБВ Erma First FIT. Заявка подана 2 травня 2017 р. схвалення отримано 18 жовтня 2017 р.

Принцип дії – фільтрація і електроліз повного потоку. Зараз виробник веде роботи по схваленню додаткової конфігурації системи з іншим фільтром (більш компактним).

Система не має обмежень по солоності, температури і часу утримання води

подібно попереднім системам. Незважаючи на обробку повного потоку, виробник пропонує функцію змішування з запасеної солоною водою. Однак і без змішування система здатна обробляти воду з солоністю вище 0,9 одиниці практичної солоності, температурою вище мінус 2 градуси Цельсія. Потрібно контроль вмісту залишкових окислювачів при дебалластуванні та їх нейтралізації хімією при необхідності.

7. BIO UV (Китай), СУБВ Bio Sea. Заявка подана 31 березня 2018 р. схвалення отримано 10 серпня 2017 р.

Принцип дії – фільтрація та обробка ультрафіолетом при взятті баласту, додаткова обробка ультрафіолетом при віддачі баласту. Система не має обмежень по солоності і по температурі оброблюваної води. Як і для попередньої системи, тут є обмеження по часу утримання - дебалластування не дозволяється раніше ніж через 72 години від взяття води на борт.

BIO-SEA об'єднала дві технології в одному автоматизованому блоці:

- Технологія механічної фільтрації:

Система спочатку очищає баластну воду за допомогою сітчастого фільтра, щоб зменшити загальну кількість зважених часток, органічних (або не присутніх) в морській воді.

- Технологія УФ дезінфекції:

Він дезінфікує воду і усуває всі мікроорганізми. Без будь-яких додаткових хімічних продуктів або активних речовин вода проходить через реактор, де ультрафіолетові промені руйнують ДНК мікроорганізмів.

Під час баластування з системою BIO-SEA виконуються як операції фільтрації, так і УФ-дезінфекції, щоб обмежити завантаження суспендованих твердих частинок і живих мікроорганізмів в баластні цистерни, що максимізує вплив води на УФ-С промені як це видно на рис. 5.7.

Під час дебалластування виконується тільки операція УФ-дезінфекції як це показано на рис. 5.8. Це дозволяє повторно обробляти воду, яка залишалася в баластному танку судна під час шляху, щоб виключити можливий біологічний ріст, щоб забезпечити відповідність стандартам ММО.

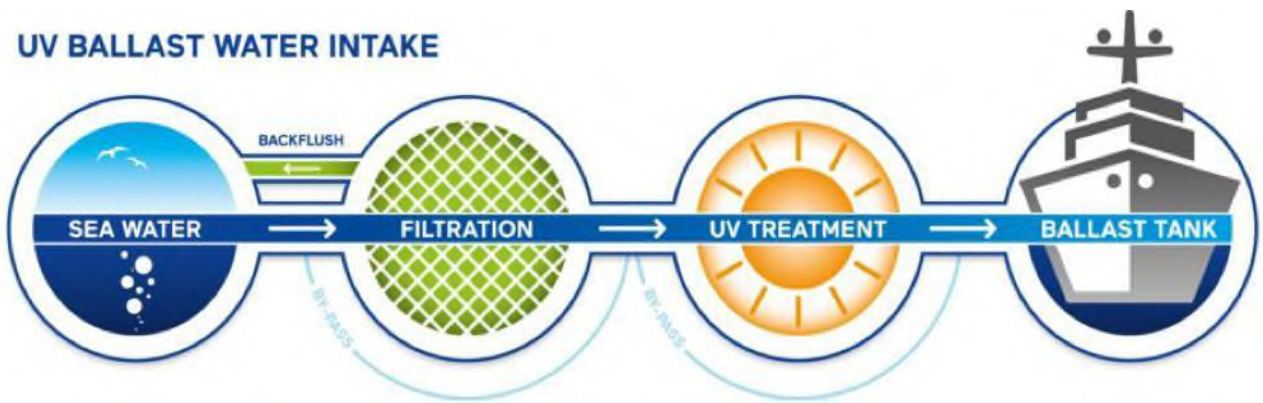


Рисунок 5.7 – Етапи лікування води під час баластування з системою BIO-SEA

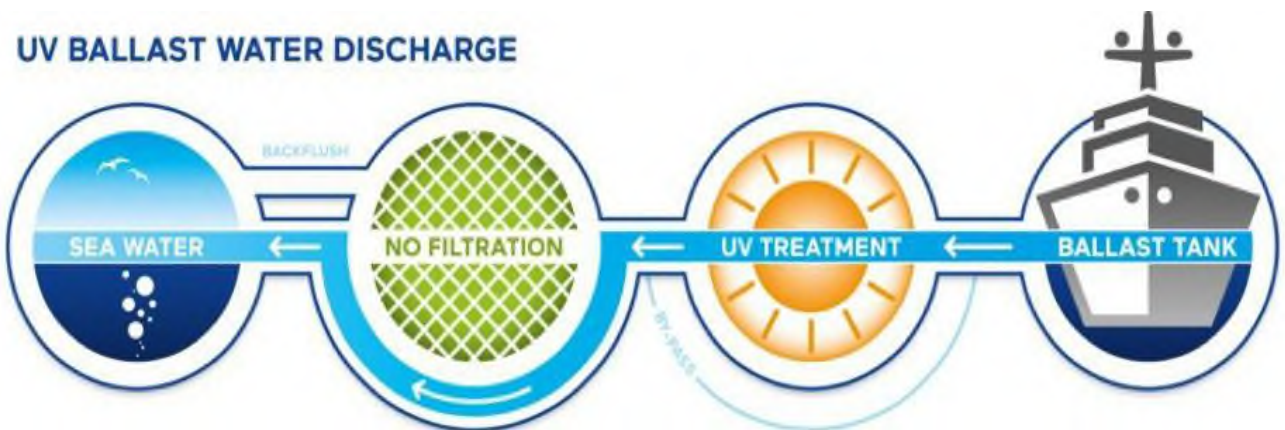


Рисунок 5.8 – Етапи лікування води під часдебаластування з системою BIO-SEA

В кінці операцій (баластування абодебаластування) виконується повна і автоматична продувка системи з наступним промиванням фільтра і УФ-реакторів і заповненням прісною водою.

Ціль фільтрації – утримувати зважені частинки, органічні або відсутні в морській воді, при завантаженні води в баласт судна. Вода проходить через сітчастий фільтр 20 мкм (кращі з доступних на ринку), який утримує частинки з баласту. Ця операція дуже важлива, оскільки чим більше частинок затримано, тим ефективніше буде дезінфекція ультрафіолетом.

20-мікрон фільтр з першокласних морських компонентів:

- кращий фільтр, фільтруючий елемент 20 мкм, з тим, щоб зберегти

зважені тверді частинки і зоопланктон;

- зроблено з нержавіючої сталі;
- виготовлено тільки з високоякісної сировини.

В кінці стадії фільтрації, то площа поверхні фільтра очищається автоматично і все відфільтровані організми вимиваються і фільтрат прямують назад в місцеву воду.

- автоматична зворотня промивка, контрольована реле тиску;
- відсутність порушення процесу фільтрації під час циклу очищення і суттєва зміна швидкості потоку при обробці.

Додатковий всмоктуючий насос для повного очищення, навіть якщо робочий тиск в посудині низький.

5.3 Основні способи оснащення суден системою очищення баласту

У разі вибору установки хімічного типу необхідно визначити місце для розташування контейнерів зберігання хімікатів. Бажано, щоб це місце було доступно для обслуговування судновим краном, для підйому контейнерів під час заправки. Зазвичай на танкерах є місце в районі фальштруби. На рис. 5.10. показана змонтована система зберігання хімікатів і хімогенератор, який виробляє кінцевий хімікат (в даному випадку це діоксид хлору) для обробки баластної води. Далі навколо встановлених компонентів був побудований відсік, заготовки якого завод підготував заздалегідь, до прибуття судна на ремонт, за кресленнями інженерної компанії. На одному з проектів конструкція судна дозволила розмістити це обладнання в румпельному відділенні, але довелося відокремити місце установки глухою перегородкою з дверима і окремою системою вентиляції [35].

Для підводних човнів, які використовують хімічні речовини для роботи, їх запаси повинні бути поповнені. Існують різні типи біосистем, що мають різні способи зберігання та пересипання хімічних речовин (існують варіанти як з

рідкими хімічними речовинами, так і гранульовані).



Рисунок 5.10 – Резервуари зберігання хімії і хімогенератор на танкері

У системі, де хімічні речовини зберігаються в спеціальних контейнерах (рис. 5.10), необхідна періодична заправка. Це здійснюється підготовленим командою виробника.

Для того, щоб вибрати оптимальну кількість хімії зберігання для того, щоб зменшити кількість операцій поповнення запасів, необхідно врахувати кількість баластних рейсів судна протягом певного періоду часу (наприклад, на рік) і обсяг обробки баласту. Наприклад, один кубічний метр хімічних речовин у системі може обробляти близько 70000 кубічних метрів баластної води. Що для танкеру розміру афромакс вистачить на 2 повних баластування.

Кожну інсталяцію буде завершено за допомогою роботи інженера-виробника. Після цього система може бути представлена на сертифікацію класифікаційним товариством. Початкова підготовка екіпажу також здійснюється під час встановлення з урахуванням конкретних умов проекту.

Залежно від проекту відсік з попередньо встановленим обладнанням може бути повністю зібраний на березі до прибуття судна і потім вже встановлений на підготовлений фундамент. Незалежні фільтри встановлюють для кожного з насосів, тому відсіки можуть розташовуватись по обох бортах судна. Також, після фільтра, відбувається вприскування дезинфікуючого розчину в потік баластної води (показана установка, що працює за принципом попутного потоку). У разі системи повного потоку (наприклад, УФ-типу або електролізного) в цьому ж відсіку було б розташоване відповідне обладнання, за винятком модулів живлення, які розташовуються в «безпечної» зоні за межами вантажний палуби танкера.

Для нових суден ситуація простіша, тому що є можливість на стадії проектування судна найбільш оптимально «вписати» СУБВ в баластну систему. При цьому виробник СУБВ може виготовити вже складені модулі з обов'язкою по домовленості з заводом-будівником. На верфі залишається тільки під'єднати трубопроводи баластної води, системи охолодження, подачі повітря, а також зробити необхідні підключення в системі постачання і контролю роботи. Багато виробників пропонують таку опцію і для проектів переоснащення суден, а також можуть виконати розробку всього інженерного проекту.

У випадку з баластними насосами в насосному відсіку танкера, обладнання повинне бути розташоване там також. Звичайно, технічно також можна вивести трубопровід на палубі і зробити окреме відділення для обладнання СУБВ, але це вимагає ретельного розрахунку і може привести до модернізації баластного насоса. Це виглядає відносно просто в разі баластних насосів в моторній кімнаті корабля. Блоки живлення повинні бути встановлені для їх живлення. Вибираючи таку систему, важливо пам'ятати, що для енергопостачання необхідно охолодити свіжу воду. Установка компонентів системи рекомендована під наглядом

представників інжинірингових компаній-проекту, а також виробника системи. Фільтруючі елементи потужністю 3600 м. куб./год.

5.4 Рекомендації з вибору системи очищення баластних вод з урахуванням конструктивних особливостей судна

Сьогодні на ринку баластних систем є безліч технологій для обробки баластної води на судах. Однак такі обмеження, як наявність місця, вартість реалізації і рівень екологічності, грають важливу роль у використанні конкретного типу системи очищення баластних вод.

При виборі системи очищення водяного баласту для судна враховується ряд факторів. Деякі з основних факторів, що беруться до уваги:

- ефективність дії на організми в баласті;
- екологічна дружелюбність;
- безпека екіпажу;
- економічна ефективність;
- простота установки і експлуатації;
- наявність місця на борту.

Основні типи технологій очищення водяного баласту, доступні на ринку:

- системи фільтрації (фізичні);
- хімічна дезінфекція (окислюється і не окислюється біоциди);
- ультрафіолетове лікування.

Типова система очищення баластових вод на борту суден використовує дві або більше технології разом, щоб гарантувати, що очищена баластна вода відповідає стандартам ІМО.

Практичні результати довели дієвість розроблених підходів, але на жаль, розрахунки тривалості підготовки проекту та його практичної реалізації дуже ускладнений часом виготовлення і установкою системи. Визначальний фактор – це час виготовлення системи. В даний час він становить приблизно 4-5 місяців

від замовлення до готовності системи до постачання. Потім, в залежності від місця виготовлення системи, до місяця (а то і більше) займає транспортування її великогабаритних компонентів до місця установки (в деяких країнах на цей термін додатковий вплив надають митні процедури). Паралельно з виготовленням системи розробляється проектна документація, що потім має бути схвалена Класифікаційним товариством. Але дбання про захист навколишнього середовища спонукає до прискорення цих процесів.

РОЗДІЛ 6

РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ СУДНА В РЕЙСІ

6.1 Рейсове завдання

Кожен рейс характеризується з кількісної та якісної сторони. Кількість працюючого тоннажу, обсяги перевезень, витрати часу, матеріальних і грошових ресурсів характеризуються абсолютними величинами. Кожен показник відображає якусь суттєву сторону транспортного процесу. У сукупності ці величини тісно пов'язані між собою і представляють єдину систему експлуатаційних, економічних і валютно-фінансових показників роботи судна, і загалом флоту.

Вихідні дані для рейсу т/х «Carmelia» з порту Копінг в порт Мууга зведені до табл. 6.1.

Таблиця 6.1 – Початкові дані для розрахунку рейсу

№	Найменування показників	Умовні позначення	Од. вимір.	Значення
1	2	3	4	5
1	m/v «Carmelia»	Dw	т	6487
2	Запаси на початок рейсу	Gзап	т	197
3	Відстань між портами	L	милі	469,73
4	Кількість завантаженого вантажу	Q	т	6000
5	Фрахтова ставка за 1 т	f	дол.США/т	24
6	Норми завантаження вантажу	Mзав	т/добу	1500
7	Норми розвантаження вантажу	Mвив	т/добу	1900
8	Експлуатаційна швидкість	V _{екс}	вузл	16,0
9	Швидкість в каналах, в вузкостях	V _{кан}	вузл	0
10	Добова витрата палива на ходу:			

Продовження табл. 6.1

1	2	3	4	5
	важке	$q_{хт}$	т/добу	5,9
	легке	$q_{хл}$	т/добу	0
11	Добова витрата палива на стоянці:			
	важке	$q_{стт}$	т/добу	15
	легке	$q_{стл}$	т/добу	0
12	Вартість 1 т палива:			
	важке	Π_v	дол.США/т	500
	легке	Π_l	дол.США/т	650
13	Балансова вартість судна	$C_{бал.}$	дол.США	4900000
14	Річна норма амортизації	$H_{ам.}$	%	10
15	Час поза експлуатацією судна	$T_{вэ.}$	діб	10
16	Чисельність екіпажу	$\check{C}_{эк.}$	чол.	14
17	Час затримки в дорозі	$t_{зад.}$	год.	11
18	Додатковий час в портах	$t_{доп.}$	діб.	0,11
19	Заробітна плата екіпажу	$R_{зп.}$	дол.США/добу	1300
20	Витрати на технічне постачання	$R_{тс.}$	дол.США/добу	110
21	Навігаційні витрати	$R_{нав.}$	дол.США/добу	370
22	Портові збори	$R_{пор.}$	дол.США	14000
23	Агентування суден	$R_{аг.}$	дол.США/добу	200
24	Витрати на страхування суден	$R_{стр.}$	дол.США/добу	220
25	Вартість на ремонт	$C_{рем}$	дол.США/мр.п.	300
26	Вартість одного докування	$C_{док}$	дол.США	30000

Дані в табл. 6.1 використовуються для наступних розрахунків [1, 36].

6.2 Розрахунок кількісних експлуатаційних показників роботи судна в рейсі

1. Розраховуємо чисту вантажопідйомність судна:

$$D_{\text{ч}} = D_{\text{в}} - G_{\text{зап.}}, \quad (6.1)$$

$$D_{\text{ч}} = 6487 - 197 = 6290 \text{ т.}$$

2. Розраховуємо експлуатаційний період роботи судна

$$T_{\text{екс}} = T_{\text{к}} - T_{\text{ве}}, \quad (6.2)$$

$$T_{\text{е}} = 365 - 10 = 355 \text{ діб.}$$

3. Розраховуємо час рейсу

а) ходовий час:

$$t_{\text{х}} = \frac{L}{V_{\text{екс}} \cdot 24} + t_{\text{зад}}, \quad (6.3)$$

$$t_{\text{х}} = (326,6 / 24 \cdot 16,0) + 0,46 = 1,32 \text{ діб.}$$

б) стояночний час:

$$t_{\text{ст}} = t_{\text{ст}}^{\text{п}} + t_{\text{ст}}^{\text{в}} = \left(\frac{Q_1}{M_{\text{н1}}} \right) + \left(\frac{Q_1}{M_{\text{в1}}} \right) + t_{\text{доп}}, \quad (6.4)$$

$$t_{\text{ст}} = (6000 / 1500 + 6000 / 1900) + 0,11 = 7,3 \text{ діб.}$$

в) час рейсу складе:

$$t_{\text{р}} = t_{\text{х}} + t_{\text{ст.}}, \quad (6.5)$$

$$t_{\text{р}} = 1,3 + 7,3 = 8,6 \text{ діб.}$$

4. Розрахуємо провізну спроможність судна

$$\Sigma QL = 6000 \cdot 469,73 = 2818380 \text{ тонно-миль/рейс,}$$

$$\Sigma D_{\text{ч}} L = 6290 \cdot 469,73 = 2954601,7 \text{ тонно-миль / рейс.}$$

5. Розрахуємо доходи судна за рейс

$$\Sigma F_{\text{рейс}} = \Sigma Qf, \quad (6.6)$$

$$\Sigma F_{\text{рейс}} = 6000 \cdot 24 = 144000,0 \text{ дол.США/рейс.}$$

6. Розраховуємо витрати судна за статтями за добу:

1) Постійні експлуатаційні витрати судна

а) Витрати на харчування екіпажу:

$$R_{\text{пит}} = \chi_{\text{эк}} \cdot R_{\text{сут}}, \quad (6.7)$$

$$\Sigma R_{\text{пит.р}} = 14 \cdot 15 = 210,0 \text{ дол.США /добу.}$$

б) Витрати на ремонт:

$$\Sigma R_{\text{рем}}^{\text{сут}} = \frac{(n_{\text{док}} \cdot C_{\text{док}} + C_{\text{рем}}) / t_{\text{мп}}}{T_{\text{эк}}}, \quad (6.8)$$

$$\Sigma R_{\text{рем.с}} = ((300 + 370) / 5 / 355) = 0,4 \text{ дол.США/добу.}$$

в) Витрати на амортизацію:

$$\Sigma R_{\text{ам}} = \frac{C_{\text{бал}} \cdot H_{\text{ам}}}{T_{\text{эк}} \cdot 100}, \quad (6.9)$$

$$\Sigma R_{\text{ам.р}} = ((4900000 \cdot 0,1) / (355 \cdot 100)) = 13,8 \text{ дол.США /добу.}$$

г) Витрати на загально суднове постачання:

$$\Sigma R_{\text{сн}} = \frac{C_{\text{бал}} \cdot H_{\text{сн}}}{T_{\text{эк}} \cdot 100}, \quad (6.10)$$

$$\Sigma R_{\text{сн.р}} = ((4900000 \cdot 110) / (355 \cdot 100)) = 42,8 \text{ дол.США /добу.}$$

г) Знайдемо постійні експлуатаційні витрати судна за добу:

$$R_{\text{екс.}} = R_{\text{зп}} + R_{\text{пит.}} + R_{\text{ам.}} + R_{\text{сн.}} + R_{\text{рем.}} + R_{\text{т.сн.}} + R_{\text{нав.}} + R_{\text{п.сб./тр}} + R_{\text{аг}} + R_{\text{стр.}}, \quad (6.11)$$

$$\Sigma R_{\text{екс.}} = 1300 + 210,0 + 13,8 + 42,8 + 300,0 + 110,0 + 370,0 + 1630,4 + 200,0 + 220,0 = 4396,9 \text{ дол.США /добу.}$$

2) Розрахуємо непрямі (адміністративно-управлінські) витрати за добу:

$$R_{\text{кос.}} = R_{\text{экр.}} \cdot k_{\text{ад}}, \quad (6.12)$$

$$R_{\text{кос.}} = 4369,9 \cdot 0,02 = 87,94 \text{ дол.США/добу.}$$

3) Знаходимо загальні постійні експлуатаційні витрати судна за добу:

$$R_{\text{общ.}} = R_{\text{экс.}} + R_{\text{кос.}}, \quad (6.13)$$

$$R_{\text{общ.}} = 4396,9 + 87,9 = 4484,9 \text{ дол.США/добу.}$$

4) Знаходимо загальні постійні експлуатаційні витрати судна за рейс:

$$\Sigma R_{\text{общ.екс.}} = R_{\text{общ.}} \cdot t_p, \quad (6.14)$$

$$\Sigma R_{\text{общ.екс.}} = 4484,9 \cdot 8,6 = 38511,6 \text{ дол.США/добу.}$$

5) Розраховуємо змінні витрати судна за добу і за рейс:

а) витрати на паливо і мастильні матеріали на ходу і на стоянці за добу експлуатації:

$$R_{\text{х. тяж.}} = k_{\text{см}} \cdot q_{\text{х}} \cdot Ц_{\text{т}} = 1,0 \cdot 5,9 \cdot 500 = 2950 \text{ дол.США/добу,}$$

$$R_{\text{ст. тяж.}} = k_{\text{см}} \cdot q_{\text{ст}} \cdot Ц_{\text{т}} = 1,0 \cdot 1,5 \cdot 650 = 975 \text{ дол.США/добу.}$$

б) Розраховуємо змінні витрати за рейс:

$$\Sigma R_{\text{пер.}} = (R_{\text{х.тяж.}} \cdot t_{\text{х}}) + (R_{\text{ст.тяж.}} \cdot t_{\text{ст}}), \quad (6.15)$$

$$\Sigma R_{\text{пер.}} = (2950 \cdot 1,3) + (975 \cdot 7,3) = 10977,5 \text{ дол.США/рейс.}$$

6. Знаходимо загальні витрати судна за рейс:

$$\Sigma R_{\text{рейс}} = \Sigma R_{\text{общ.екс.}} + \Sigma R_{\text{пер.}}, \quad (6.16)$$

$$\Sigma R_{\text{рейс}} = 38511,6 + 10977,5 = 49489,1 \text{ дол.США/рейс.}$$

7. Знаходимо прибуток судна за рейс:

$$\Delta П_{\text{рейс}} = \Sigma F_{\text{рейс}} - \Sigma R_{\text{рейс}}, \quad (6.17)$$

$$\Delta П_{\text{рейс}} = 144000,0 - 49489,1 = 94510,9 \text{ дол.США /рейс.}$$

6.3 Розрахунок якісних експлуатаційно-економічних показників роботи судна в рейсі

1. Коефіцієнт використання календарного періоду:

$$K_{\text{э}} = \frac{T_{\text{э}}}{T_{\text{к}}} , \quad (6.18)$$

$$K_{\text{э}} = 355 / 365 = 0,97.$$

2. Коефіцієнт завантаження судна:

$$\alpha_{\text{заг}} = \frac{\Sigma Q}{\Sigma D_{\text{ч}}} , \quad (6.19)$$

$$\alpha_{\text{заг}} = 2818380 / 2954601,7 = 0,9539$$

3. Середньодобова експлуатаційна швидкість:

$$V_{\text{ср.}} = \frac{L}{t_{\text{х}}} , \quad (6.20)$$

$$V_{\text{ср.}} = 469,73 / 1,3 = 356,1 \text{ милі/добу.}$$

4. Коефіцієнт ходового часу:

$$\epsilon_{\text{х}} = \frac{t_{\text{х}}}{t_{\text{р}}} , \quad (6.21)$$

$$\epsilon_{\text{х}} = 1,3 / 8,6 = 0,15$$

5. Продуктивність однієї тони вантажопідйомності судна за добу експлуатації:

$$\mu_{\text{в}} = \alpha_{\text{з}} \cdot V_{\text{ср.}} \cdot \epsilon_{\text{х}} , \quad (6.22)$$

$$\mu_{\text{в}} = 0,9538951 \cdot 356,1 \cdot 0,15 = 52,5 \text{ т-милі/тнж-добу.}$$

6. Валова прибутковість одних судно-днів:

$$\mu_{\text{г}} = \frac{\Delta F_{\text{чинв}}}{t_{\text{р}}} , \quad (6.23)$$

$$\mu_{\text{в}} = 144000,0 / 8,6 = 16769,6 \text{ дол.США/добу.}$$

7. Рівень прибутковості являє відношення доходів до витрат:

$$PF = \frac{\Sigma F_{\text{рейс}}}{\Sigma R_{\text{рейс}}}, \quad (6.24)$$

$$PF = 144000,0 / 49489,1 = 2,91.$$

8. Прибуток з урахуванням податку 25%:

$$\Sigma \Pi_{\text{рейс}} = \Delta F - \Sigma N_{\text{нал}} = \Delta F \cdot (1 - 0,25), \quad (6.25)$$

$$\Sigma \Pi_{\text{рейс}} = 94510,9 \cdot (1 - 0,25) = 70883,1 \text{ дол.США/рейс.}$$

9. Розрахуємо собівартість перевезення однієї тони вантажу в рейсі:

$$S_T = \Sigma R_{\text{рейс}} / \Sigma Q, \quad (6.26)$$

$$S_T = 49489,1 / 6000 = 8,2 \text{ дол.США/т.}$$

10. Розрахуємо собівартість 1 тонно-милі на добу в рейсі:

$$S_{T-M} = \Sigma R_{\text{общ.}} / \Sigma Q_1, \quad (6.27)$$

$$S_{T-M} = 49489,1 / 2818380 = 0,018 \text{ дол.США/т-м.}$$

11. Розрахуємо собівартість утримання судна за добу експлуатації:

$$S_{c-c} = \frac{\Sigma R_{\text{заг.}}}{t_p}, \quad (6.28)$$

$$S_{c-c} = 49489,1 / 8,6 = 5763,3 \text{ дол.США /добу.}$$

6.4 Прогнозування роботи судна за експлуатаційний період

1. Число рейсів за експлуатаційний період:

$$\mathcal{C}_p = T_{\text{екс}} / t_p, \quad (6.29)$$

$$\mathcal{C}_p = 355 / 8,6 = 41,3 \text{ рейсів.}$$

2. Обсяг перевезеного вантажу за експлуатаційний період:

$$\Sigma Q_{\text{екс}} = \Sigma Q \cdot \mathcal{C}_p, \quad (6.30)$$

$$\Sigma Q_{\text{екс}} = 6000 \cdot 8,6 = 51521,9 \text{ т.}$$

3. Обсяг транспортної роботи за експлуатаційний період:

$$\sum Q_{\text{екс}} = \sum Q_{\text{л}} \cdot \text{Ч}_{\text{р}}, \quad (6.31)$$

$$\sum Q_{\text{екс}} = 6000 \cdot 8,6 \cdot 469,73 = 24201381,93 \text{ т-м-рейсів}$$

4. Дохід за експлуатаційний період:

$$\sum F_{\text{екс}} = \sum F_{\text{рейс}} \cdot \text{Ч}_{\text{р}}, \quad (6.32)$$

$$\sum F_{\text{екс}} = 144000,0 \cdot 41,3 = 5953196,64 \text{ дол.США/рік}$$

5. Загальні витрати судна за експлуатаційний період:

$$\sum R_{\text{екс}} = \sum R_{\text{рейс}} \cdot \text{Ч}_{\text{р}}, \quad (6.33)$$

$$\sum R_{\text{екс}} = 49489,1 \cdot 41,3 = 2045962,671 \text{ дол.США/рік}$$

6. Прибуток судна за експлуатаційний період:

$$\sum \Pi = \sum \Pi_{\text{рейс}} \cdot \text{Ч}_{\text{р}}, \quad (6.33)$$

$$\sum \Pi = 94510,9 \cdot 41,3 = 3907233,969 \text{ дол.США/рік}$$

7. Рівень прибутковості роботи судна за експлуатаційний період:

$$\sum PF = \frac{\sum F_{\text{екс}}}{\sum R_{\text{екс}}}, \quad (6.35)$$

$$\sum PF = 5953196,6 / 2045962,67 = 2,91.$$

6.5 Оцінка ефективності виконаного рейсу і роботи судна за експлуатаційний період

Результати всіх розрахунків по закінченому рейсу зводимо в табл. 6.2.

Таблиця 6.2 – Кількісні та якісні показники виконаного рейсу

№ п/п	Найменування показників	Умовні познач.	Од. виміру	Значення
1	2	3	4	5
1	Експлуатаційний період	$T_{\text{е}}$	діб	355
2	Відстань пройдена судном в рейсі	$L, \text{л}$	милі	326,6

Продовження табл. 6.2

1	2	3	4	5
3	Перевезено вантажів	ΣQ	т	6000
4	Судо-діба в рейсі	t_p	діб	8,6
	а) на ходу	t_x	діб	1,3
	б) на стоянці	$t_{ст}$	діб	7,3
5	Загальний прибуток	F	дол.США	144000,0
6	Загальні витрати	R	дол.США	49 489,1
7	Чистий прибуток	П	дол.США	94510,9
8	Коефіцієнт ходового часу	ε_x		0,15
9	Середньодобова експлуатаційна, швидкість	$V_{ср.}$	милі/добу	356,1
10	Прибутковість судна	$\mu'_в$	дол.США /добу	16769,6
11	Рівень прибутковості	PF		2,91
12	Собівартість перевезення 1 т вантажу	S_T	дол.США /т	8,2
13	Собівартість 1 т-м	$S_{т-м}$	дол.США /т-м	0,018
14	Собівартість утримання судна за добу експлуатації	$S_{с-с}$	дол.США /діб.ек	5763,28

У розділі обґрунтовано, що за один рейс судно перевозить 6000 т вантажу і отримує дохід 144 000 дол.США при загальних витратах 49 489,1 дол. США. Чистий прибуток за рейс становить 94 510,9 дол.США, що свідчить про достатній запас фінансової стійкості рейсової операції.

Собівартість перевезення 1 т вантажу становить 8,2 дол.США, а 1 т-м – 0,018 дол.США, що є прийнятними показниками для заданих техніко-економічних характеристик судна. Прибутковість судна 16 769,6 дол.США за добу рейсу та рівень прибутковості 2,91 свідчать про високу ефективність використання судна як виробничого засобу.

У прогнозі на експлуатаційний період судно виконує понад 41 рейс, забезпечуючи перевезення понад 51 тис. т вантажу і формуючи річний прибуток понад 3,9 млн дол.США. При збереженні прийнятих параметрів фрахту, витрат і простоїв така експлуатація судна є економічно доцільною протягом усього періоду.

Підсумовуючи, розділ демонструє, що за наявних технічних характеристик, структури витрат і рівня фрахтових ставок рейс т/х «Carmelia» є не лише прибутковим, а й забезпечує стабільний високий рівень рентабельності протягом усього експлуатаційного періоду. Одержані кількісні та якісні показники можуть бути використані як орієнтир для планування роботи однотипних суден і оптимізації флоту судновласника.

РОЗДІЛ 7

ОХОРОННІ ЗАХОДИ І ЦИВІЛЬНА ОБОРОНА НА СУДНІ

7.1 Прогнозування наслідків надзвичайної ситуації на об'єкті морського транспорту

7.1.1 Вихідні дані (сценарій виникнення надзвичайної ситуації на об'єкті морського транспорту)

Вантажне судно «Jernavik» знаходиться в дрейфі, чекаючи отримання дозволу на вхід у порт Тема (Гана). Отримано повідомлення про терористичний акт на території порту: в результаті вибуху зруйнована автомобільна цистерна зі зрідженим хлором, що є сильнодіючою отруйною речовиною (СДОР).

Кількість розливої СДОР – 20 т, характер розливу «вільно».

На території порту оголошена терористична загроза.

Метеорологічні умови на момент аварії: час доби – день, 16.00, температура повітря 0⁰, швидкість вітру 6 м/с, вітер зустрічний, суцільна хмарність.

Відстань до місця аварії – 4 км. Місцевість відкрита, характер – водна поверхня.

Виконати оперативний прогноз хімічної обстановки на час через 1 годину після аварії.

Запропонувати заходи щодо зменшення можливих втрат серед екіпажу судна.

Визначити стандартні робочі процедури при отриманні повідомлення про виявлення на території портової споруди, що взаємодіє із судном, підозрілого предмета.

7.1.2 Оцінка масштабів хімічного зараження території

Виконання розрахунків ведеться за допомогою формул і таблиць, наведених у Методиці прогнозування наслідків надзвичайних ситуацій на об'єктах морського транспорту (Додаток 1 до «Методичних вказівок по виконанню розділу дипломної роботи «Охоронні заходи і цивільна оборона на судні») [37].

1) Визначення ступеня вертикальної стійкості повітря

За заданими метеорологічними умовами (час доби - день, швидкість вітру 6 м/с, суцільна хмарність) визначаємо по табл. 7.1 ступень вертикальної стійкості повітря - ізотермія.

Таблиця 7.1 – Визначення ступеня вертикальної стійкості повітря за прогнозом погоди

Швидкість вітру, м/с	Час доби					
	день			ніч		
	Наявність хмарності					
	відсутня	середня	суцільна	відсутня	середня	суцільна
0,5	конвекція	конвекція	ізотермія	інверсія	інверсія	ізотермія
0,6 – 2,0	конвекція	конвекція	ізотермія	інверсія	інверсія	ізотермія
2,1 – 4,0	конвекція	ізотермія	ізотермія	ізотермія	ізотермія	ізотермія
> 4,0	ізотермія	ізотермія	ізотермія	ізотермія	ізотермія	ізотермія

2) Розрахунок еквівалентної кількості СДОР у первинній хмарі

Кількісні характеристики викиду СДОР для розрахунку масштабів зараження визначаються за його еквівалентними значеннями.

Розраховуємо еквівалентну кількість $Q_{\text{с1}}$ (т) хлору в первинній хмарі:

$$Q_{\text{с1}} = K_1 \cdot K_3 \cdot K_5 \cdot K_7^1 \cdot Q_0 = 0,18 \cdot 1 \cdot 0,23 \cdot 0,6 \cdot 20 = 0,5 \text{ т,}$$

де: $K_1 = 0,18$ – коефіцієнт, що залежить від умов зберігання СДОР (табл. 7.2);

Примітка. У таблиці наведені значення K_7 у чисельнику – K_7^I (для первинної хмари), у знаменнику – K_7^{II} (для вторинної хмари).

$K_3 = 1$ – коефіцієнт (табл. 7.2);

$K_5 = 0,23$ – коефіцієнт, який враховує ступень вертикальної стійкості повітря для ізотермії (п. 3.2. Методики прогнозування наслідків надзвичайних ситуацій на об'єктах морського транспорту);

$K_7^I = 0,6$ – коефіцієнт, що враховує вплив температури навколишнього повітря на швидкість утворення первинної хмари (табл. 7.2);

$Q_0 = 20$ – кількість хлору, що розлився при аварії, т.

Таблиця 7.2 – Характеристики СДОР і значення допоміжних коефіцієнтів

Найменування СДОР	Щільність СДОР, т/ м ³		Температура кипіння, °С	Порогова токсодоза, мг·хв/л	Значення допоміжних коефіцієнтів							
	Газ	Рідина			К ₁	К ₂	К ₃	К ₇ для температури повітря (°С)				
								-40	-20	0	20	40
Хлор	-	1,558	-34,1	0,6	0,18	0,052	1,0	<u>0</u> 0,9	<u>0,3</u> 1	<u>0,6</u> 1	<u>1</u> 1	<u>1,4</u> 1

3) Розрахунок площі розливу, тривалості вражаючої дії та еквівалентної кількості СДОР у вторинній хмарі

Площа розливу S_p (м²) хлору дорівнює:

$$S_p = V_p/h = Q_0 / \rho/h = 20 / 1,558 / 0,05 = 257 \text{ м}^2,$$

де: V_p – об'єм хлору, що розлився, м³;

$\rho = 1,558$ – щільність хлору, т/м³ (табл. 7.2);

$h = 0,05$ – товщина шару хлору (для характеру розливу – «вільно»), м.

Тривалість вражаючої дії СДОР визначається часом, що потрібний на його випаровування з площі розливу, і часом, протягом якого триває спад його концентрації до безпечного рівня після відходу хмари зараженого повітря від заданої точки.

Розраховуємо тривалість вражаючої дії Т (год.) хлору:

$$T = h \cdot \rho / (K_2 \cdot K_4 \cdot K_7^{II}) + 1 / (K_m \cdot v_{\Pi}) = 0,05 \cdot 1,558 / (0,052 \cdot 2,67 \cdot 1) + 1 / (1 \cdot 35) = 0,59 \text{ год.} = 35 \text{ хв.},$$

де: $K_2 = 0,052$ – коефіцієнт, що залежить від фізико-хімічних властивостей хлору (табл. 7.2);

$K_4 = 2,67$ – коефіцієнт, що враховує швидкість вітру (табл. 7.3);

Таблиця 7.3 – Значення коефіцієнту K_4 залежно від швидкості вітру

Швидкість вітру (u), м/с	$1 \leq$	2	3	4	5	6	7	8	9	10
K_4	1	1,33	1,67	2,0	2,34	2,67	3,0	3,34	3,67	4,0

$K_7^{II} = 1$ – коефіцієнт, що враховує вплив температури навколишнього повітря на швидкість утворення вторинної хмари (табл. 7.2);

$K_m = 1$ – коефіцієнт, що враховує вплив місцевості на швидкість поширення хмари хлору (табл. 7.4);

$v_{\Pi} = 35$ – швидкість перенесення переднього фронту зараженого повітря, км/год. (з таблиці).

Таблиця 7.4 – Значення коефіцієнту K_m залежно від впливу характеру місцевості

Рельєф місцевості, вид рослинності і забудови	Вертикальна стійкість повітря		
	конвекція	ізотермія	інверсія
Водна поверхня, відкрита місцевість	1	1	1
Міська (промислова) забудова	0,2	0,2	0,3
Територія порту	0,2	0,2	0,3

Швидкість перенесення переднього фронту зараженого повітря надано в табл. 7.5.

Таблиця 7.5 – Швидкість (км/год.) перенесення v_{Π} переднього фронту хмари зараженого повітря залежно від швидкості вітру

Ступень вертикаль- ної стійкості повітря	Швидкість вітру (u), м/с									
	1≤	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Інверсія	5	10	16	21	-	-	-	-	-	-
Ізотермія	6	12	18	24	29	35	41	47	53	59
Конвекція	7	14	21	28						

Розраховуємо еквівалентну кількість хлору Q_{32} (т) у вторинній хмарі:

$$Q_{32} = (1-K_1) \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot K_7^{\Pi} \cdot Q_0 / (h \cdot \rho) =$$

$$= 0,82 \cdot 0,052 \cdot 1 \cdot 2,67 \cdot 0,23 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 20 / (0,05 \cdot 1,558) = 6,72 \text{ т},$$

де $K_6 = N^{0,8} = 1^{0,8} = 1$ – коефіцієнт, що залежить від часу N , що пройшов з моменту початку аварії; за умовами завдання $N = 1$ год.

4) Визначення глибини і площі зони зараження

Глибину зони зараження первинною (вторинною) хмарию СДОР при аваріях на технологічних ємностях, сховищах і транспорті визначаємо за допомогою табл. 7.6.

Таблиця 7.6 – Глибина (км) зони зараження

Швидкість вітру, м/с	Еквівалентна кількість СДОР, т								
	0,01	0,05	0,1	0,5	1	3	5	10	20
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1 і менше	0,38	0,85	1,25	3,16	4,75	9,18	12,53	19,20	29,56
2	0,26	0,59	0,84	1,92	2,84	5,35	7,20	10,83	16,44
3	0,22	0,48	0,68	1,53	2,17	3,99	5,34	7,96	11,94

Продовження табл. 7.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4	0,19	0,42	0,59	1,33	1,88	3,28	4,36	6,46	9,62
5	0,17	0,38	0,53	1,19	1,68	2,91	3,75	5,53	8,19
6	0,15	0,34	0,48	1,09	1,53	2,66	3,43	4,88	7,20

Для $Q_{\text{с1}} = 0,5$ т та швидкості вітру $u = 6$ м/с визначаємо глибину зони зараження первинною хмарою хлору: $\Gamma_1 = 1,09$ км.

Для $Q_{\text{с2}} = 6,72$ т та швидкості вітру $u = 6$ м/с визначаємо глибину зони зараження вторинною хмарою хлору: $\Gamma_2 = 3,93$ км.

Визначаємо повну глибину зони зараження Γ_{Σ} (км), що обумовлена дією первинної і вторинної хмари СДОР:

$$\Gamma_{\Sigma} = \Gamma' + 0,5 \cdot \Gamma'' = 3,93 + 0,5 \cdot 1,09 = 4,5 \text{ км},$$

де: Γ' – найбільший, Γ'' – найменший з розмірів Γ_1 і Γ_2 .

Визначаємо гранично можливе значення глибини перенесення повітряних мас Γ_{Π} (км):

$$\Gamma_{\Pi} = N \cdot v_{\Pi} = 1 \cdot 35 = 35 \text{ км}.$$

За остаточну розрахункову глибину зони зараження Γ (км) приймаємо менше з двох порівнюваних між собою значень Γ_{Σ} і Γ_{Π} :

$$\Gamma = \min \left\{ \begin{matrix} \Gamma_{\Sigma} \\ \Gamma_{\Pi} \end{matrix} \right\} = 4,5 \text{ км}.$$

Визначаємо площу зони можливого зараження $S_{\text{в}}$ (км²) хмарою хлору:

$$S_{\text{в}} = \pi \cdot \Gamma^2 \cdot \varphi / 360^{\circ} = 3,14 \cdot 4,5^2 \cdot 45^{\circ} / 360^{\circ} = 7,95 \text{ км}^2,$$

де: $\Gamma = 4,5$ – розрахункова глибина зони зараження, км;

$\varphi = 45^{\circ}$ – кутовий розмір зони зараження, град (з таблиці).

Визначаємо площу зони фактичного зараження $S_{\text{ф}}$ (км²):

$$S_{\phi} = K_8 \cdot \Gamma^2 \cdot N^{0,2} = 0,133 \cdot 4,5^2 \cdot 1^{0,2} = 2,69 \text{ км}^2,$$

де $K_8 = 0,133$ – коефіцієнт, що залежить від ступеня вертикальної стійкості повітря – ізотермії (п. 3.4. Методики прогнозування наслідків надзвичайних ситуацій на об'єктах морського транспорту).

5) Розрахунок глибин поширення хмари СДОР у вражаючих концентраціях при смертельному, важкому, середньому і легкому ураженні

Територія можливого хімічного зараження представляє собою сектор, що має кутовий розмір $\phi = 45^\circ$ (табл. 7.7) і радіус, який дорівнює значенню розрахунковій глибині зони зараження $\Gamma = 4,5$ км. Вершина сектору співпадає з джерелом зараження - місцем розливу хлору.

Таблиця 7.7 – Кутові розміри зони можливого зараження СДОР залежно від швидкості вітру

Швидкість вітру (u), м/с	$\leq 0,5$	0,6 - 1	1,1 - 2	>2
ϕ , град	360	180	90	45

У районі хімічного зараження виділяють зони смертельної концентрації, важкого, середнього і легкого ураження.

Розраховуємо глибину зони смертельних уражень Γ_1 (км):

$$\Gamma_1 = \lambda \cdot K_M \cdot \left(\frac{Q_2}{D_1}\right)^{\Psi} = 1,20 \cdot 1 \cdot \left(\frac{7,22}{6}\right)^{0,537} = 1,33 \text{ км},$$

де: $\lambda = 1,20$;

$\Psi = 0,537$ – коефіцієнти, що залежать від швидкості вітру (табл. 7.8);

Таблиця 7.8 – Коефіцієнти λ і ψ , що залежать від швидкості вітру

Коефіцієнти	Швидкість вітру (u), м/с							
	1 і менше	2	3	4	5	6	7	10
λ	3,73	2,31	1,80	1,52	1,34	1,20	1,11	0,92
ψ	0,606	0,580	0,563	0,551	0,542	0,537	0,531	0,515

$Q_3 = Q_{31} + Q_{32} = 0,5 + 6,72 = 7,22$ – загальна еквівалентна кількість СДОР, що перейшла в первинну і вторинну хмару, т;

$D_1 = 6$ – летальна токсодоза для хлору, мг.хв/л.

Розраховуємо глибину зони важких уражень $\Gamma_{0,41}$ (км):

$$\Gamma_{0,41} = \lambda \cdot K_M \cdot \left(\frac{Q_3}{D_{0,41}} \right)^\Psi = 1,20 \cdot 1 \cdot \left(\frac{7,22}{2,4} \right)^{0,537} = 2,17 \text{ км},$$

де $D_{0,41} = 0,4 \cdot D_1 = 0,4 \cdot 6 = 2,4$ – значення токсодози, що відповідає 40% летальної токсодози для хлору, мг.хв/л.

Розраховуємо глибину зони уражень середньої важкості $\Gamma_{0,21}$ (км):

$$\Gamma_{0,21} = \lambda \cdot K_M \cdot \left(\frac{Q_3}{D_{0,21}} \right)^\Psi = 1,20 \cdot 1 \cdot \left(\frac{7,22}{1,2} \right)^{0,537} = 3,15 \text{ км},$$

де: $D_{0,21} = 0,2 \cdot D_1 = 0,2 \cdot 6 = 1,2$ – значення токсодози, що відповідає 20% летальної токсодози для хлору, мг.хв/л.

Глибина зони легких уражень відповідає значенню розрахунковій глибині зони зараження $\Gamma = 4,5$ км.

6) Визначення часу підходу зараженого повітря до об'єкту (судна)

Час підходу хмари СДОР до заданого об'єкту t (год.) залежить від швидкості перенесення хмари повітряним потоком і визначається за формулою:

$$t = x / (K_M \cdot v_{\text{п}}) = 4 / (1 \cdot 35) = 0,11 \text{ год.} \approx 6,9 \text{ хв.},$$

де x – відстань від джерела зараження до заданого об'єкту, км.

7.1.3 Висновки і рекомендовані заходи для зменшення людських втрат

Проведена оцінка масштабів хімічного зараження території порту внаслідок руйнування цистерни із зрідженим хлором показала, що в результаті можливого отруєння члени екіпажу судна «ВВС ОНІО» можуть отримати легкі

ураження, так як судно опиняється в зоні легких уражень (глибина зони легких уражень – 4,5 км, відстань судна до місця аварії становить – 4 км).

Для уникнення можливих втрат серед екіпажу судна пропонуються наступні заходи [38]:

- оголосити загально суднову тривогу, попередити екіпаж про небезпеку;
- убрати людей з відкритої палуби в середину судна, виключити вентиляцію, максимально герметизувати приміщення;
- спрямувати рух судна в сторону від напрямку вітру для виходу із зони ураження;
- зв'язатися з аварійними службами порту для отримання оперативної інформації про розвиток аварії, узгодити питання щодо можливого здійснення евакуації постраждалих членів екіпажу на берег для надання їм кваліфікованої медичної допомоги;
- знаходитись на безпечній відстані до спливу часу вражаючої дії хлору.

7.1.4 Стандартні робочі процедури при отриманні повідомлення про виявлення на території портової споруди, що взаємодіє із судном, підозрілого предмета

При виявленні на борту судна підозрілого предмету, члени екіпажу, в тому числі особа, відповідальна за охорону судна (далі – SSO), приймають необхідні заходи, перелічені в табл. 7.9 [38-39].

Таблиця 7.9 – Заходи, при виявленні на території портової споруди підозрілого предмета

№ п/п	Дії, які повинні бути виконані (при стоянці в порту або на рейді)	Відповідальний член екіпажу
1	2	3
1.	Докладно записати повідомлення про виявлення на території портової споруди, що взаємодіє із судном, підоз-	Вахтовий помічник

Продовження табл. 7.9

1	2	3
	рілого предмета. Негайно доповісти капітану і SSO. Поки триває стан надзвичайної ситуації, у судовому журналі відображати всі заходи по забезпеченню безпеки	
2.	Оголосити загальносуднову тривогу, провести герметизацію корпусу судна, засоби боротьби з водою і пожежею привести у негайну готовність	Капітан
3.	Оповістити екіпаж судна про місце виявлення підозрілого предмету	Вахтовий помічник
4.	Зв'язатися з посадовою особою портового засобу, відповідальною за охорону, і посадовою особою компанії, відповідальною за охорону. Всі подальші дії здійснювати у контакті з цими особами	SSO
5.	Аварійну партію привести в готовність №1	Старший помічник
6.	По закінченню проведення на території портового засобу заходів з ліквідації загрози терористичного акту привести судно у початковий стан	Капітан, SSO
7.	Про результати вжитих заходів доповісти посадовій особі портового засобу, відповідальній за охорону, та посадовій особі Компанії, відповідальній за охорону	SSO

ВИСНОВКИ

Проблеми судноплавства не можна відкладати в довгий ящик, або на інший час. Практичний досвід показав, на жаль, помилки в стратегічних розрахунках тривалості підготовки проекту по захисту навколишнього середовища від проблем з баластними водами.

Визначальним фактором в реалізації стали технічні питання з термінами виготовлення систем очистки і в кінцевому результаті реалізації обладнання суден в зазначені строки цими системами. В даний час він становить приблизно 4-5 місяців від замовлення до готовності системи до постачання. Далі в залежності від місця виготовлення системи, до місяця (а то і більше) займає транспортування її великогабаритних компонентів до місця установки (в деяких країнах на цей термін додатковий вплив надають митні процедури).

Паралельно з виготовленням системи необхідно розробити проектну документацію, яка складається з двох частин: документації для схвалення класифікаційним товариством і документації для судноремонтного підприємства. Є до вибору кілька опцій для розробки проекту: безпосередньо виробником системи (проте не кожен пропонує сьогодні таку опцію), незалежної інженерною компанією або ж судноремонтним підприємством, де планується провести установку під час планового ремонту.

Схвалення класифікаційним товариством все ще залишається змінною і важко запланованою величиною. Очевидно, що класифікаційні товариства поки не готові до об'ємів такого додаткового навантаження, схвалення займає кілька місяців. Так, для прикладу, один з проектів знаходився на розгляді близько 8 місяців. Інший важливий момент – вибір постачальника матеріалів для установки (трубопроводи, кабелі, запірна арматура, вентилятори та інші складові конструкції). Якщо місце докування вже відомо, таку поставку можна організувати безпосередньо через завод. Інакше доведеться залучати сторонніх контракторів для виготовлення матеріалів. Вони повинні бути

підготовлені до прибуття судна на ремонт з метою скорочення часу установки. Також потрібно скоординувати необхідні модернізації та відвідування сервісних інженерів для систем, залучених до роботи СУБВ: насоси баластної системи, система дистанційного керування клапанами, система сигналізації та інші.

Незважаючи на усі ускладнення і проблеми в реалізації всього процесу оснащення суден сучасними системами, які б відповідали конвенційним вимогам загальна тенденція зберіглась, а отже є всі шанси міжнародному судноплавству подолати усі зазначені проблеми.

Магістерська робота присвячена не тільки тематиці дослідження, але й комплексній роботі штурмана з виконання повного циклу рейсового завдання, що реалізовано в основних розділах: «Характеристики судна», «Аналіз, оцінка та планування навігаційного переходу», «Обробка та розміщення вантажів», «Оцінка морехідних якостей судна» та ін.

Поза дослідженням в роботі проведені розрахунки з планування навігаційного переходу Копінг – Мууга, складений вантажний план, і виконано вимоги ІМО по остійності, поздовжня міцність судна вважається забезпеченою з великим запасом, отриманий диферент та кут крену на рейс є оптимальними для безпечної навігації та швидкого виконання рейсу.

За результатами розрахунків можна побачити, що рейс Копінг – Мууга для судна «Carmelia» є прибутковим. Рівень дохідності складає 2,91, а чистий прибуток судна за 1 рейс – 94510,9 дол.США, якщо вираховувати за експлуатаційний період одного маркетингового року - 3907233 дол.США.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ship Particular and another information`s of oil products tanker «Carmelia», 2009.
2. Ворохобін І.І., Цимбал М.М., Бурмака І.О., Ніколаєва Л.Л та інші. Методичні вказівки для виконання магістерської роботи // І.І. Ворохобін, М.М. Цимбал, І.О. Бурмака, Л.Л. Ніколаєва та ін. – Одеса: НУ «ОМА», 2023. – 96 с.
3. International Convention on Standards of Training, Certification and Watch keeping for Seafarers, 1978/95 (STCW-78/95) + Amendment 2010.
4. Резолюція ІМО А.893 (21) – 1999 р. «Керівництво по плануванню рейсу».
5. Алексішин В.Г., Долгочуб В.Т. Практичне судноводіння / В.Г. Алексішин, В.Т. Долгочуб. – 3 Вид. випр. і доп. – Одеса: Фенікс, 2015. – 376.с.
6. Алексішин В.Г., Козир Л.А. Навігаційне планування переходу / В.Г. Алексішин, Л.А. Козир. – О., 2001. – 69 с.
7. Catalogue Admiralty Charts and Publications. – London: UKHO, 2019.
8. Sailing Directions (Pilots). – London: UKHO, 2019.
9. Admiralty List of Radio Signals (ALRS) (NPs 281-288). – London: UKHO, 2019.
10. International Safety Net Manual, 2010. – 72 с.
11. Pilot Chart, інтернет ресурс гідрометеорологічних умов. URL: [Sailing Weather - Marine Weather Forecasts for Sailors and Adventurers - PassageWeather](#)
12. Атлас Океанів. Головне управління навігації та океанографії Міністерства охорони СРСР, 1977.
13. Guide to Port Entry. – London, 2019.
14. Bridge Team Management: A Practical Guide (Reprinted 2018 with Amendments). – London, 2019.

15. Admiralty List of Lights and Fog Signals (ALL). – London: UKHO, 2019.
16. Морехідні таблиці MT-75.
17. Brown's Nautical Almanac, London: 2023.
18. Admiralty Tidal Handbook №. 2 Datums for Hydrographic Surveys NP 122(2). – London: UKHO, 2018.
19. ISGOTT, 6th Edition. International Safety Guide for Oil Tankers and Terminals. International Chamber of Shipping, OCIMF and IAPH, 2018.
20. Міжнародна конвенція по запобіганню забруднення з суден (МАРПОЛ-73/78). Лондон: – ІМО, 2004.
21. Снопков В.Г. Технологія перевезення вантажів морем: [навчальний посібник] / В.Г. Снопков. – О., 2001. – 554 с.
22. Ніколаєва Л.Л. Комерційна експлуатація судна: підручник. Одеса: НУ «ОМА», 2020. – 550 с.
23. Карта зон і сезонних районів [Електроний ресурс]. – Режим доступу: <https://balt-lloyd.ru/morskaja-praktika/ostojchivost/gruzovaja-marka/attachment/karta-zon-i-sezonnyh-rajonov>
24. International Convention on Load Lines, 1966/1988 [Електроний ресурс]. – Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/896_007
25. Теорія і будова судна: навчальний посібник / І.П. Давидов, Ю.П. Кучер, В.Ф. Сіряченко, О.І. Бурмака – Одеса: НУ «ОМА», 2019. – 110 с.
26. Правила класифікації та побудови морських суден. В 5-ти т. Том 2. – Київ: Регістр судноплавства України, 2020.
27. Резолюція MSC. 267 (85) 09.12.2008. «Code on Intact Stability for All Types of Ships Covered by IMO Instruments» (ISC).
28. UNCTAD. Review of Maritime Transport 2018-2022 [Електроний ресурс]. – Режим доступу: <https://unctad.org/en/pages/>
29. Міжнародна конвенція з управління баластними водами – (BWMC) – Ballast Water Management Convention. IMO 2018.

30. International Convention for the Control and Management of Ships' Ballast Water and Sediments, 2004. International Maritime Organization. London, 2004. 138 p. URL: <https://www.imo.org/>

31. Міжнародний кодекс по управлінню безпечною експлуатацією суден та запобіганням забруднення / International Management Code for the Safe Operation of Ships and for Pollution Prevention (International Safety Management (ISM Code) (Резолюція А.741(18) 04.11.1993) з поправками.

32. Іванов О. М. Системи очищення баластних вод на морських судах : монографія. Одеса : Моркнига, 2020. 256 с.

33. Petrenko S. V., Melnyk O. M. Analysis of ballast water treatment technologies for tankers. Journal of Marine Engineering and Technology. 2021. Vol. 20, No. 3. P. 45–58.

34. Міжнародна конвенція по запобіганню забруднення з суден (МАРПОЛ-73/78). Лондон: – ІМО, 2004.

35. Міжнародне керівництво з безпеки для нафтових танкерів та терміналів – «ISGOTT, 6th Edition International Safety Guide for Oil Tankers and Terminals» - ICS, OCIMF, AIPH 2016

36. Сотниченко Л.Л., Бабаченко М.В. Економіка водного транспорту: методичні вказівки розрахункової роботи. – Одеса: НУ «ОМА», 2017. – 20 с.

37. Терновський В.Б. Методичні вказівки по виконанню розділу дипломної роботи «Охоронні заходи і цивільна оборона на судні». – Одеса: ОНМА, 2015. – 72 с.

38. Волошин А.А. Охрана судов и портовых средств: Учебное пособие. – Одесса, 2009. – 127 с.

39. Кодекс цивільного захисту України: чинне законодавство із змінами та допов. – К.: Алерта, 2015. – 102 с.