

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

Навчально-науковий інститут навігації

Кафедра управління судном

ДИПЛОМНА РОБОТА МАГІСТРАНТА

Спеціальність 271 Морський та внутрішній водний транспорт

Спеціалізація 271.01 Навігація і управління морськими суднами

ВЕЛИЧКОВСЬКОЇ НЕОНЕЛЛИ БОРИСІВНИ

(прізвище, ім'я по батькові)

Тема роботи: Комплексне опрацювання та дослідження етапів
планування переходу судна "Viking Emerald" за маршрутом
Інчхон – Фрімантл (Incheon – Fremantle)

Підпис магістранта _____

Завідувачка кафедрою к.т.н., доцент Петриченко О. О.

Керівник к.п.н., доцент Смірнов С. В.

Рецензент _____

Нормоконтроль _____ к.т.н., доцент Петриченко О. О.

м. Одеса

2025 рік

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ОДЕСЬКА МОРСЬКА АКАДЕМІЯ»

Навчально-науковий інститут навігації

Кафедра управління судном

Спеціалізація 271.01 Навігація і управління морськими суднами

"ЗАТВЕРДЖУЮ"

Завідувачка кафедрою

к.т.н., доцент Петриченко О. О.

" 06 " жовтня 2025 р.

З А В Д А Н Н Я

по дипломній роботі магістранта
ВЕЛИЧКОВСЬКОЇ НЕОНЕЛЛИ БОРИСІВНИ

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Комплексне опрацювання та дослідження етапів планування переходу судна "Viking Emerald" за маршрутом Інчхон – Фрімонтл (Incheon – Fremantle)

затверджена наказом по академії від " 10 " грудня 2025 р. № 1502

2. Строк здачі курсантом закінченої роботи " 10 " грудня 2025 року

3. Вхідні дані до роботи:

1. Ворохобін І.І. та інші. Методичні вказівки для виконання магістерської роботи
2. M/V "Viking Emerald" Final Stability Manual
3. Admiralty Nautical Publications
4. EMSA – Guidance on the Carriage of Alternative Fuel Vehicles (AFVs) in Ro-Ro Spaces of Cargo and Passenger Ships

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що підлягають розробці):

1. Характеристики судна
2. Аналіз, оцінка та планування навігаційного переходу
3. Обробка та розміщення вантажу
4. Оцінка морехідних якостей судна
5. Особливості систем виявлення та гасіння пожеж на Ro-Ro судах при перевезенні сучасних транспортних засобів

5. Перелік графічного матеріалу:

1. Маршрутний лист переходу
2. Графічний план переходу
3. Вантажний план судна
4. Діаграми статичної остійності на відхід і прихід, визначення критерію погоди

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

Розділ	ПІБ консультанта	Підпис і дата
1. Характеристики судна	Смірнов С. В.	
2. Аналіз, оцінка та планування навігаційного переходу	Смірнов С. В.	
3. Обробка та розміщення вантажів	Смірнов С. В.	
4. Оцінка морехідних якостей судна	Смірнов С. В.	
5. Особливості систем виявлення та гасіння пожеж на Ro-Ro суднах при перевезенні сучасних транспортних засобів	Смірнов С. В.	
6. Розрахунок економічних показників роботи судна в рейсі (кафедра «Менеджменту і економіки морського транспорту»)	Смірнов С. В.	
7. Охоронні заходи та цивільна оборона на судні (кафедра «Судноводіння»)	Смірнов С. В.	

7. Календарний план дипломної роботи магістранта

№ п/п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Характеристики судна		
2.	Аналіз, оцінка та планування навігаційного переходу		
3.	Обробка та розміщення вантажів		
4.	Оцінка морехідних якостей судна		
5.	Особливості систем виявлення та гасіння пожеж на Ro-Ro суднах при перевезенні сучасних транспортних засобів		
6.	Розрахунок економічних показників роботи судна в рейсі		
7.	Охоронні заходи та цивільна оборона на судні		

Дата видачі завдання 6 жовтня 2025 року

Керівник _____ Завдання до виконання прийняв _____

АНОТАЦІЯ

Магістерська робота містить 156 с., 24 рис., 49 табл., 61 використане джерело.

Магістерська робота присвячена дослідженню особливостей систем виявлення та гасіння пожеж на Ro-Ro судах при перевезенні сучасних транспортних засобів. Проаналізовано базові вимоги міжнародної нормативної бази та сучасні рекомендації щодо протидії пожежам за участю електромобілів і транспортних засобів на альтернативних видах палива. Розглянуто характерні сценарії розвитку пожеж, результати аварійної практики та чинники, що ускладнюють роботу традиційних систем виявлення й гасіння. На основі виявлених особливостей наведено рекомендації щодо удосконалення організаційних та технічних заходів протипожежного захисту на Ro-Ro судах.

У роботі виконано комплексне опрацювання та дослідження етапів переходу т/х «Viking Emerald» за маршрутом «Інчхон – Фрімантл» з вантажем легкових автомобілів.

У ході роботи було виконано комплексний аналіз морського переходу з позицій навігаційного планування, раціонального розміщення вантажів, оцінки морехідних якостей судна, а також проведено розгляд маршруту з економічної точки зору.

Ключові слова: альтернативні транспортні засоби, безпека судноплавства, виявлення пожежі, електромобілі, пожежна безпека, пожежогасіння, Ro-Ro судна.

ABSTRACT

The Master's thesis contains 156 pages, 24 pictures, 49 tables and 61 sources.

The thesis is devoted to the study of the specific features of fire detection and extinguishing systems on Ro-Ro vessels carrying modern types of vehicles. The basic requirements of the international regulatory framework and current recommendations for addressing fires involving electric vehicles and vehicles powered by alternative fuels are analysed. Typical fire development scenarios, available accident data, and factors that complicate the operation of traditional detection and extinguishing systems are examined. Based on the identified characteristics, recommendations are provided to improve organisational and technical fire-safety measures on Ro-Ro vessels.

In the thesis a comprehensive study of the stages of the passage of the m/v Viking Emerald on the route "Incheon – Fremantle" with a cargo of cars was performed.

During the work, a comprehensive analysis of the sea passage was carried out from the perspectives of navigational planning, rational cargo stowage, assessment of the vessel's seaworthiness, as well as an economic evaluation of the route.

Key words: alternative vehicles, safety of shipping, fire detection, electric vehicles, fire safety, fire extinguishing, Ro-Ro vessels.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

AFV – транспортний засіб на альтернативному паливі (Alternative Fuel Vehicle)

ALRS – Admiralty List of Radio Signals

BM – згинальний момент (Bending Moment)

ENC – електронна навігаційна карта (Electric Nautical Chart)

EV – електромобіль (Electric Vehicle)

GMDSS – Global Maritime Distress and Safety System

$L_{\max}$ – плече ДСО при максимальному куті крену, м

L_{w1} – плече кренувального моменту від тиску вітру, м

L_{w2} – плече кренувального моменту від пориву вітру, м

NAVAREA – морський географічний район (Navigational Area)

NAVTEX – міжнародна автоматизована система оповіщення (Navigational Telex)

SF – перерізуюча сила (Shear Force)

SMS – система управління безпекою (Safety Management System)

TSS – система розподілу руху суден (Traffic Separation Scheme)

VHF – ультракороткі хвилі (Very High Frequency)

VTs – служба управління рухом суден (Vessel Traffic Service)

IMO – Міжнародна морська організація (International Maritime Organization)

ДСО – діаграма статичної остійності

ЗІЗ – засіб індивідуального захисту

ЗНЗ – засіб навігаційного забезпечення

СУРС – служба управління рухом суден

ЗМІСТ

ВСТУП.....	10
РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКИ СУДНА.....	12
1.1 Загальні відомості і головні розміри судна.....	12
1.2 Транспортно-експлуатаційні характеристики судна.....	14
1.3 Маневрені характеристики.....	17
1.4 Навігаційне обладнання.....	19
1.5 Забезпечення непотоплюваності	20
РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ, ОЦІНКА ТА ПЛАНУВАННЯ НАВІГАЦІЙНОГО ПЕРЕХОДУ	22
2.1 Загальні вимоги до аналізу та планування навігаційного переходу	22
2.2 Оцінка запланованого переходу	24
2.2.1 Підготовка для прийому та обміну навігаційною інформацією на переході	28
2.2.2 Збір та аналіз гідрометеорологічної інформації	30
2.2.3 Збір та аналіз навігаційної інформації при прибережному плаванні .	35
2.3 Навігаційні розрахунки для забезпечення безпеки плавання.....	41
2.3.1 Розрахунок ортодромії.....	41
2.3.2 Складання маршрутних листів	42
2.3.3 Графічний план переходу.....	46
2.3.4 Розрахунок природної освітленості	47
2.3.5 Розрахунок висот приливів та побудова графіків приливів	48
2.4 Висновки	51
РОЗДІЛ 3. ОБРОБКА ТА РОЗМІЩЕННЯ ВАНТАЖІВ	53
3.1 Транспортні характеристики вантажів	53
3.2 Підготовка вантажних приміщень до прийому вантажів та документальне оформлення морського перевезення	57
3.3 Розрахунок чистої вантажопідйомності судна.....	59

3.4	Складання вантажного плану.....	64
3.5	Характеристика експлуатаційних умов рейсу	66
РОЗДІЛ 4 ОЦІНКА МОРЕХІДНИХ ЯКОСТЕЙ СУДНА.....		70
4.1	Розрахунок водотоннажності й координат центра ваги судна	70
4.2	Розрахунки посадки і початкової остійності.....	76
4.3	Контроль остійності за матеріалами Інформації	78
4.4	Розрахунок і побудова діаграм остійності.....	79
4.5	Розрахунки нормованих параметрів остійності	83
4.6	Перевірка виконання рекомендованих ІМО критеріїв остійності	85
4.7	Контроль загальної поздовжньої міцності судна.....	86
4.8	Висновки	88
РОЗДІЛ 5 ОСОБЛИВОСТІ СИСТЕМ ВИЯВЛЕННЯ ТА ГАСІННЯ ПОЖЕЖ НА RO-RO СУДНАХ ПРИ ПЕРЕВЕЗЕННІ СУЧАСНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ		89
5.1	Теоретичні основи протипожежного захисту Ro-Ro суден при перевезенні сучасних транспортних засобів	89
5.1.1	Історія розвитку Ro-Ro суден та еволюція систем пожежної безпеки.....	89
5.1.2	Сучасні транспортні засоби як новий фактор пожежного ризику	92
5.1.3	Класифікація та структурні елементи систем виявлення і гасіння пожеж у вантажних приміщеннях Ro-Ro суден	93
5.1.4	Нормативна база й сучасні наукові дослідження щодо пожеж на Ro-Ro судах.....	96
5.2	Аналіз пожежної безпеки Ro-Ro суден.....	102
5.2.1	Типові сценарії розвитку пожеж у вантажних приміщеннях Ro-Ro суден.....	102
5.2.2	Аналіз аварійної практики пожеж у вантажних приміщеннях Ro-Ro суден	104
5.2.3	Порівняльний аналіз вимог SOLAS/FSS та рекомендацій EMSA, IUMI і класифікаційних товариств.....	107

5.2.4 Оцінка відповідності існуючих систем виявлення та гасіння пожеж сучасним ризикам.....	111
5.3 Пропозиції щодо удосконалення систем виявлення та гасіння пожеж на Ro-Ro суднах при перевезенні сучасних транспортних засобів	114
5.3.1 Принципи формування рекомендацій.....	115
5.3.2 Удосконалення систем виявлення пожежі у вантажних приміщеннях	116
5.3.3. Удосконалення систем гасіння та тактики охолодження	118
5.3.4 Організаційні та процедурні заходи.....	120
5.3.5 Висновки	122
РОЗДІЛ 6 РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ СУДНА В РЕЙСІ.....	124
6.1 Загальна частина.....	124
6.2 Розрахунок кількісних експлуатаційно-економічних показників роботи судна в рейсі.....	126
6.3 Розрахунок якісних експлуатаційно-економічних показників роботи судна в рейсі.....	131
6.4 Прогнозування роботи судна за експлуатаційний період.....	133
6.5 Оцінка ефективності виконаного рейсу і роботи судна за експлуатаційний період	134
7. ОХОРОННІ ЗАХОДИ І ЦИВІЛЬНА ОБОРОНА НА СУДНІ	139
7.1 Прогнозування наслідків надзвичайної ситуації на об'єкті морського транспорту.....	139
7.1.1 Вихідні дані (сценарій виникнення надзвичайної ситуації на об'єкті морського транспорту)	139
7.1.2 Оцінка масштабів хімічного зараження території.....	140
7.1.3 Висновки і рекомендовані заходи для зменшення людських втрат .	147
7.2 Заходи контролю доступу задля забезпечення охорони судна	148
ВИСНОВОК.....	151
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	152

ВСТУП

Актуальність теми. Ro-Ro судна відіграють ключову роль у глобальних логістичних ланцюгах, забезпечуючи масові перевезення автомобільної техніки. За останні роки номенклатура вантажу суттєво змінилася – частка електромобілів, гібридних транспортних засобів, автомобілів на зрідженому та стиснутому газі, водні та інших альтернативних видах палива неухильно зростає. Ці сучасні транспортні засоби мають інші сценарії займань, інтенсивніше тепловиділення, підвищене газоутворення та ризик повторного займання, що істотно впливає на протипожежний захист автомобільних і ролкерних вантажних приміщень. Базові вимоги SOLAS та FSS Code формувалися переважно з урахуванням традиційних транспортних засобів із двигунами внутрішнього згоряння і лише частково враховують специфіку нових типів вантажу. Паралельно з цим Європейське агентство з морської безпеки, страховики та класифікаційні товариства розробляють рекомендації щодо безпечного перевезення транспортних засобів на альтернативних видах палива, що свідчить про активну фазу оновлення підходів до пожежної безпеки на Ro-Ro суднах. За таких умов дослідження особливостей систем виявлення та гасіння пожеж при перевезенні сучасних транспортних засобів є актуальним як з наукової, так і з практичної точки зору.

Мета роботи. Аналіз сучасного стану нормативного забезпечення, технічних рішень і практики експлуатації систем виявлення та гасіння пожеж на Ro-Ro суднах при перевезенні сучасних транспортних засобів, а також розробка практичних рекомендацій щодо удосконалення організаційно-технічних заходів протипожежного захисту з урахуванням специфіки електромобілів та інших транспортних засобів на альтернативних видах палива.

Об'єкт дослідження. Процес забезпечення пожежної безпеки в автомобільних вантажних приміщеннях Ro-Ro при перевезенні сучасних транспортних засобів.

Предмет дослідження. Системи виявлення та гасіння пожеж у вантажних приміщеннях Ro-Ro суден, їх конструктивні й організаційні особливості, а також нормативно-правові та рекомендаційні підходи до їх проєктування та експлуатації в умовах перевезення сучасних транспортних засобів.

Методи дослідження. Аналіз і синтез, порівняльний аналіз, системний підхід, контент-аналіз нормативних та рекомендаційних документів, аналіз аварійних випадків, елементи ризик-орієнтованого підходу та узагальнення результатів.

Практичне значення роботи. Отримані результати можуть бути корисними під час уточнення суднових інструкцій з протипожежної безпеки, перегляду процедур завантаження та розміщення сучасних транспортних засобів на Ro-Ro суднах, а також при оцінюванні стану існуючих систем виявлення й гасіння пожеж. Рекомендації роботи можуть слугувати додатковим інформаційним матеріалом для врахування особливостей електромобілів та інших транспортних засобів на альтернативних видах палива у практичній діяльності екіпажів і технічного персоналу.

РОЗДІЛ 1

ХАРАКТЕРИСТИКИ СУДНА

1.1 Загальні відомості і головні розміри судна

Таблиця 1.1 – Загальні відомості про судно

№	Характеристика	Значення
1	2	3
1.	Назва судна	M.V. "VIKING EMERALD"
2.	Тип судна	PCTC – Pure Car and Truck Carrier
3.	Позивний сигнал судна	V7A5093
4.	IMO №	9514987
5.	MMSI №	538009730
6.	Рік і місце будівництва	2012, NANTONG MINGDE HEAVY INDUSTRY STOCK CO LTD CHINA
7.	Клас реєстру	1A1 CAR CARRIER MCDK E0 NAUT-OC CLEAN BWM-E(s) COAT-PSPC(B) TMON
8.	Порт приписки	MAJURO, MARSHALL ISLANDS
9.	Судновласник:	GRAM CAR CARRIERS HOLDINGS PTE LTD
10.	Менеджмент	OSM SHIP MANAGEMENT PTE. LTD.
11.	Довжина найбільша, (L):	167,25 м
12.	Довжина між перпендикулярами, ($L_{\perp\perp}$):	159,84 м
13.	Ширина найбільша, (B):	28,01 м
14.	Висота борту до верхньої палуби, (H):	23,89 м
15.	Осадка судна, (T): в повному вантажу порожньому	8,62 м 6,50 м
16.	Водотоннажність: в повному вантажу Δ : порожньому Δ_0 :	25333,2 т 12783,1 т
17.	Повна вантажопідйомність Δ_w :	12550,1 т

Продовження Таблиці 1.1

1	2	3
18.	Головний двигун: тип потужність частота обертання	1x HYUNDAI MAN B&W 7S50ME-C7 11060 kW 120 rpm
19.	Режим роботи головного двигуна:	Full ahead – 120 об./хв Eco ahead – 101 об./хв Half ahead – 85 об./хв Slow ahead – 64 об./хв Dead slow ahead – 32 об./хв
20.	Швидкість судна:	Full ahead – 18,1/18,5 вузл. Eco ahead – 15,1/15,5 вузл. Half ahead – 12,5/13,0 вузл. Slow ahead – 9,5/10,0 вузл. Dead slow ahead – 4,5/5,0 вузл.
21.	Гребний гвинт: кількість лопастей діаметр та крок гвинта (мм) дискове відношення напрямок обертання	4 5.9×3.487 м 0,563 Правого кроку
22.	Тип руля і площа його пера:	Напівбалансирний 16,2 м ²
23.	Тип стернової машини, підрулюючий пристрій:	Rolls – Royce RV1400 Носовий, 1000 kW
24.	Суднова радіостанція	Furuno FS-2575C
25.	Валова реєстрова місткість, (GRT):	39454 т
26.	Чиста реєстрова місткість, (NRT):	13317 т
27.	Добова витрата палива: на ходу (HFO) на стоянці (DO)	120 об./хв – 46,0 т, 101 об./хв – 31,0 т 8,9 т
28.	Координати центру мас порожнього судна:	x = 72,559 м z = 14,360 м

1.2 Транспортно-експлуатаційні характеристики судна

На рисунку 1.1 подано схематичний план судна у бічній проєкції, на якому відображено розташування вантажних приміщень, а також загальний вигляд судна зверху.

Рисунок 1.2 демонструє схему поперечного розрізу корпусу судна з нанесеними даними про висоту вантажних палуб.

На рисунку 1.3 наведено боковий план судна з основними розмірними характеристиками корпусу судна.

На рисунку 1.4 представлена вантажна шкала судна.

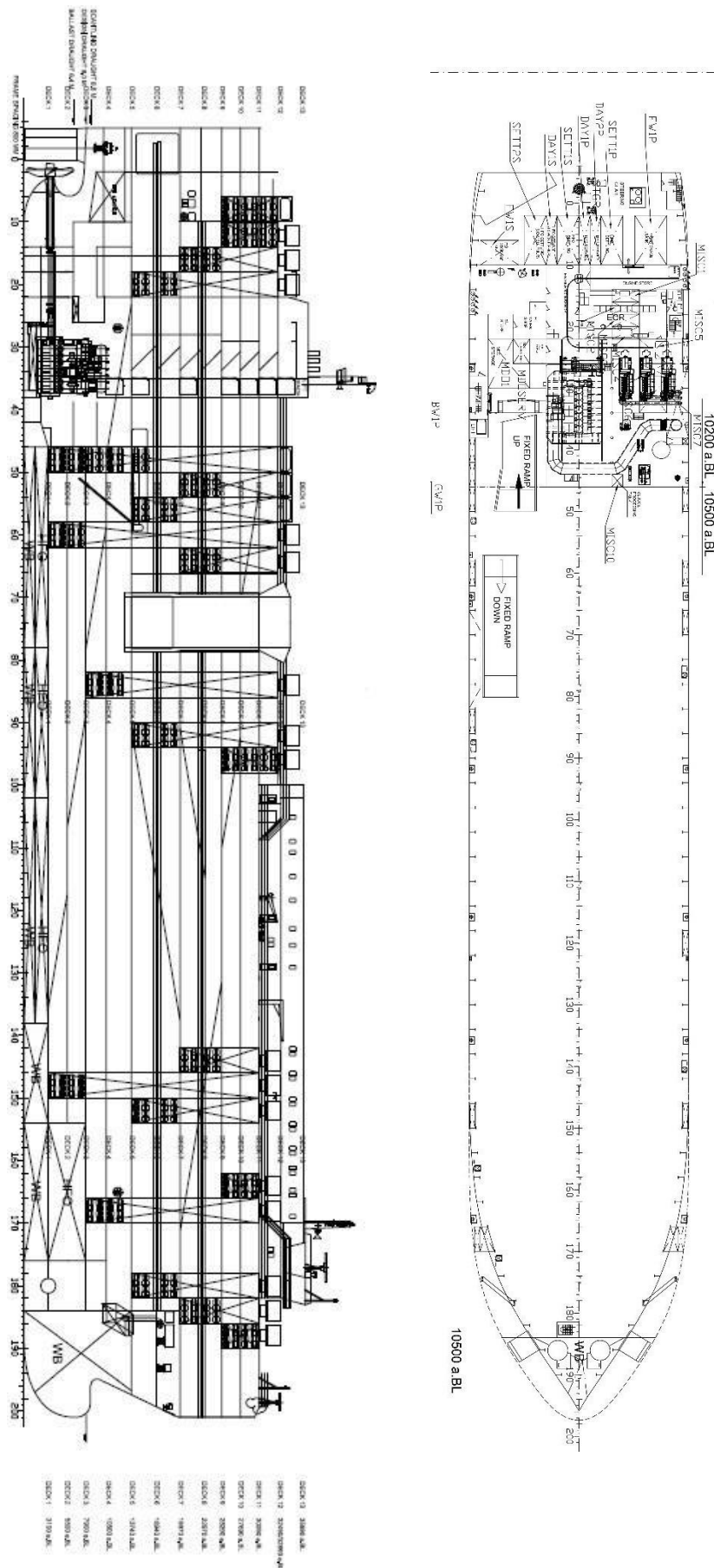


Рисунок 1.1 – План бокового вигляду судна і вид зверху

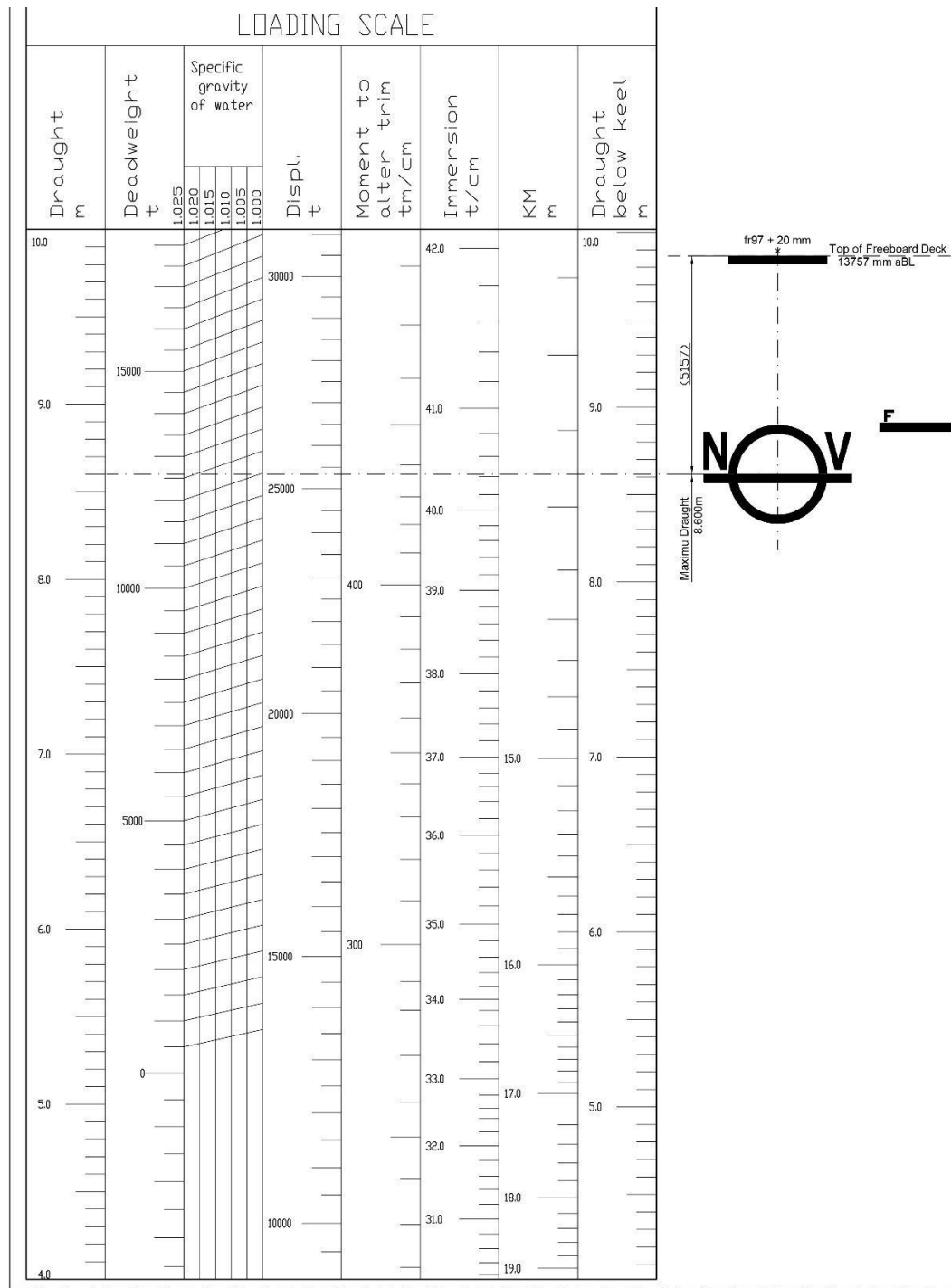


Рисунок 1.4 – Вантажна шкала судна

1.3 Маневрені характеристики

Дані щодо гальмівного шляху судна за різних режимів роботи головного двигуна для станів судна у вантажу та в баласті наведено в таблиці 1.2.

Маневрені характеристики судна представлені на рисунку 1.5.

Таблиця 1.2 – Гальмівні характеристики судна

Режим ходу	У вантажі		В баласті	
	Час, хв	Шлях, м. миль	Час, хв	Шлях, м. миль
ПП	7,1	1,07	4,2	0,65
ППм	6,3	0,83	3,8	0,52
ПС	5,3	0,60	3,3	0,39
ПМ	4,6	0,42	2,8	0,27
ПСМ	3,3	0,17	2,1	0,12

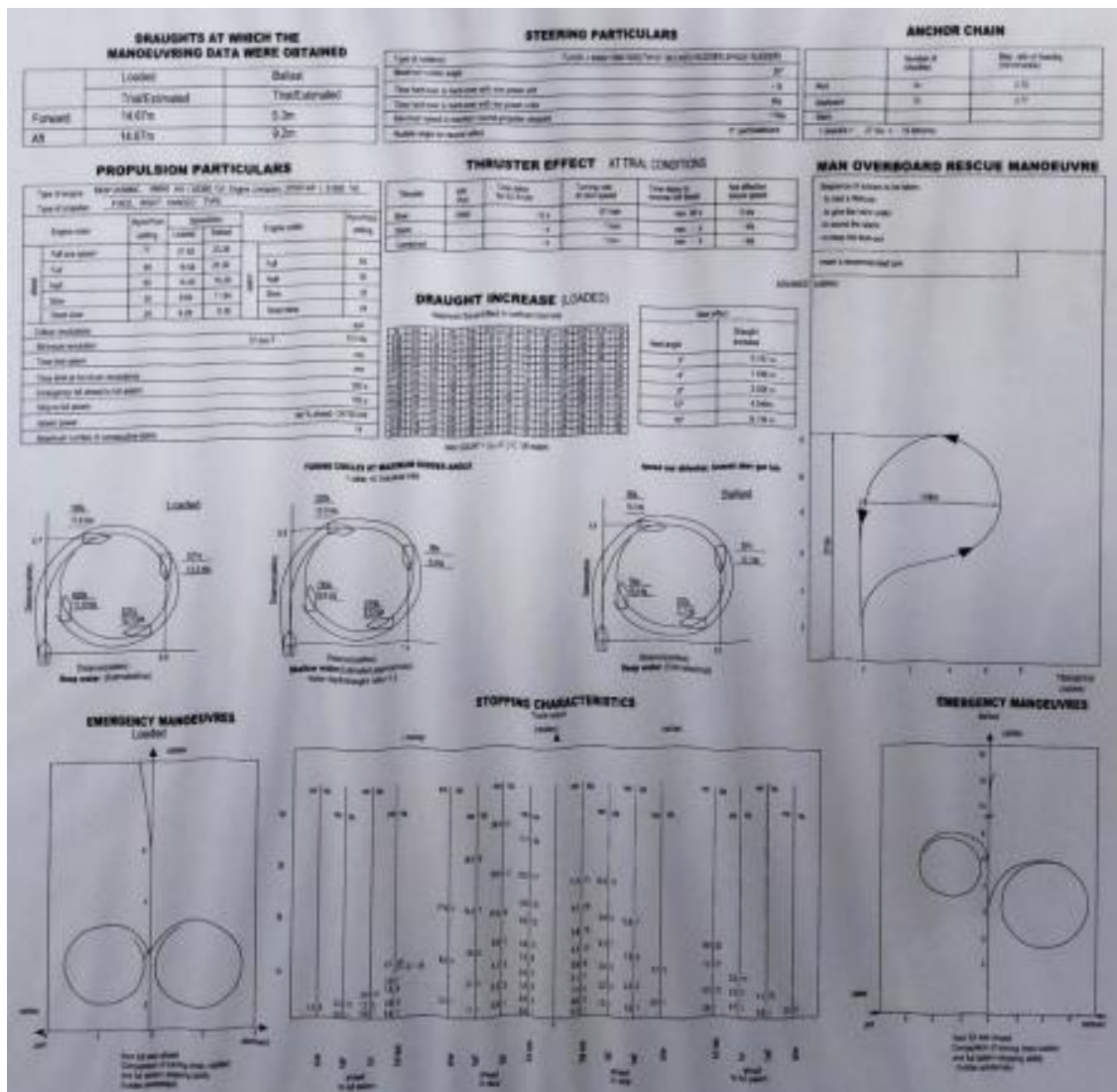


Рисунок 1.5 – Маневрені характеристики судна у вигляді «Wheelhouse Poster»

1.4 Навігаційне обладнання

В даному підрозділі приведено дані про всі ТЗН (технічні засоби навігації) судна та точнісні характеристики ТЗН у подано у таблицях 1.3 та 1.4.

Таблиця 1.3 – Технічні засоби навігації

Прилад/система	Тип	Марка
Магнітний компас	SH165-A2	TOKYO KEIKI
Гірокомпас (ГК)	DR-10	TOKYO KEIKI
Радіолокатор (ЗАРП)	X-band - FAR-2827 S-band - FAR-2837S	FURUNO FURUNO
Ехолот	FE-700	FURUNO
Лаг	DS-30	FURUNO
GPS	GP-150 DUAL	FURUNO
AIC	FA-150	FURUNO
Авторульовий	PR-8000	TOKYO KEIKI
ECDIS	G2	eGlobe

Таблиця 1.4 – Точнісні характеристики ТЗН на судні

Тип і марка приладу	Навігаційні параметри	СКП одного вимірювання
Гірокомпас TOKYO KEIKI DR-10	Курс	<1°
Магнітний компас TOKYO KEIKI SH165-A2	Курс	<1°
Радіолокатор X-band FURUNO FAR-2827	Пеленг, Дистанція	<1° Less than 1% of the Range Scale in use, or 30m whichever is larger

Продовження таблиці 1.4

Тип і марка приладу	Навігаційні параметри	СКП одного вимірювання
Радіолокатор S-band FURUNO FAR-2837S	Пеленг, Дистанція	$<1^{\circ}$ Less than 1% of the Range Scale in use, or 30m whichever is larger
GPS FURUNO GP-150 DUAL	Місце судна	± 10 м
Лог FURUNO DS-30	Швидкість, Дистанція	$\pm 1\%$ or ± 0.1 kn whichever value is greater $\pm 1\%$ or ± 0.1 nm in each hour whichever value is greater
Ехолот FURUNO FE-700	Глибина	0.2m : 20m range; 2m : 200m range; or 1.5% of the indicated depth, whichever is greater

1.5 Забезпечення непотоплюваності

Для розрахунку аварійної остійності судна у випадку затоплення одного чи кількох відсіків на борту передбачено наявність відповідної технічної документації – «Damage Stability Calculation Booklet» та «Damage Control Plan». Ці документи містять дані щодо розрахунків остійності, розподілу плавучості, а також інструкції з дій екіпажу під час ліквідації аварійних ситуацій, пов'язаних із затопленням корпусу.

Для забезпечення непотоплюваності та підвищення ефективності боротьби за живучість судна на борту встановлено два аварійні насоси, призначені для відкачування води, що надходить у відсіки під час аварійних ситуацій.

Схематичний розподіл повздовжніх водонепроникних відсіків корпусу судна наведено на рисунку 1.6, де показано межі герметичних перегородок.

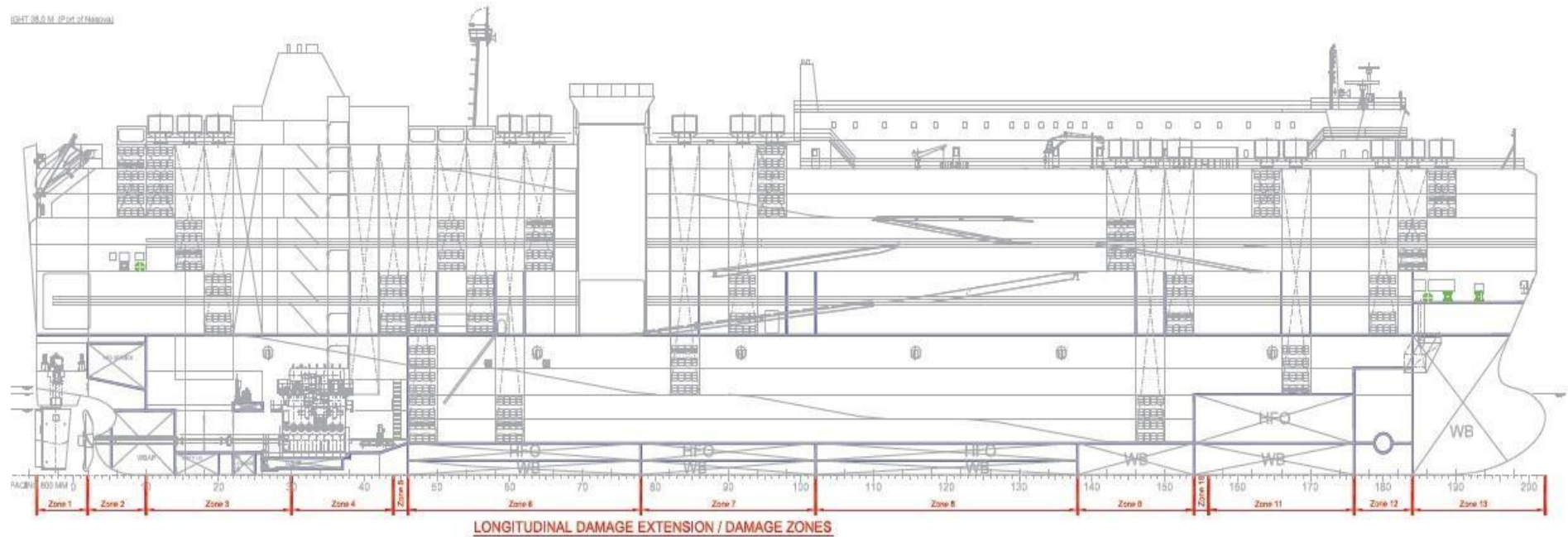


Рисунок 1.6 – Зони водонепроникних відсіків корпусу судна

РОЗДІЛ 2

АНАЛІЗ, ОЦІНКА ТА ПЛАНУВАННЯ НАВІГАЦІЙНОГО ПЕРЕХОДУ

2.1 Загальні вимоги до аналізу та планування навігаційного переходу

Загальні вимоги та рекомендації щодо планування переходу містяться в таких документах як:

- Міжнародна Конвенція з охорони людського життя на морі 1974 р. (SOLAS-74), Розділ V «Безпека мореплавства» [2];
- Конвенція та кодекс з підготовки і дипломування моряків та несення вахти (STCW-78 з поправками), Розділ VIII [3];
- Резолюція ІМО А.893 (21) – 1999 р. «Керівні принципи планування рейсу» [4];
- Рекомендації по організації штурманської служби на морських судах України – 1998 р. [5];
- Bridge Procedures Guide, 5th Edition, 2016 [6];
- Bridge Team Management, 2nd Edition, 2004 [7].

Існують чотири стадії планування безпечного переходу:

1. Оцінка (Appraisal)

На цьому етапі збирають, аналізують і оцінюють усю доступну інформацію, пов'язану з майбутнім переходом. Попередня оцінка включає відомості про тривалість рейсу, потребу в бункеруванні та поповненні запасів, технічний стан судна й обмеження, пов'язані з роботою у наступному порту.

Особлива увага приділяється готовності навігаційного обладнання, засобів зв'язку та сигналізації, визначенню часу прибуття до критичних точок маршруту з урахуванням припливів і течій, фактичної погоди, видимості, наявності портів притулку, правил зв'язку, буксирного та лоцманського обслуговування, а також інтенсивності руху в районі плавання.

2. Планування (Planning)

Після аналізу зібраних даних розробляється детальний план переходу «від причалу до причалу». У ньому враховуються всі ділянки плавання, включно з тими, де залучається лоцман.

Мета планування – забезпечити безпеку рейсу. План має бути документально оформлений, відображати всі потенційні ризики та небезпеки, що можуть виникнути під час прибережного або океанського плавання, з лоцманом або без нього.

3. Виконання (Execution)

Підтвердженням готовності є заповнення форми Passage Plan та супровідних чек-листів. Підписи всіх судноводіїв засвідчують їх ознайомлення з особливостями переходу.

План зберігається на ходовому містку та є основним документом для виконання рейсу. У разі необхідності він може бути змінений, але тільки за згодою капітана, із повідомленням усього штурманського складу.

4. Контроль (Monitoring)

Під час виконання рейсу контролюється дотримання запланованого маршруту. Будь-яке відхилення від безпечної смуги руху свідчить про підвищений ризик.

Місце судна визначають регулярно, результати обсервацій аналізують для виявлення знесення. У вузьких або обмежених водах використовують паралельне індексування, контрольні лінії положення, огорожувальні пеленги, створи та інші навігаційні методи.

Послідовне виконання всіх етапів – від оцінки до контролю – є основою безпечного управління судном під час рейсу.

План переходу складається з 3 частин:

- від причалу (порт відходу) до початку морської ділянки переходу;
- морська ділянка переходу;
- від закінчення морської ділянки переходу до причалу (порт заходу).

2.2 Оцінка запланованого переходу

У цьому параграфі виконується підбір карт і посібників для переходу, що відповідає стадії «Passage Plan Appraisal» планування навігаційного переходу. Для цього проводиться підбір навігаційних карт, посібників і публікацій на заданий перехід по Каталогі Адміралтейських карт і публікацій (Catalogue of Admiralty Charts and Publications) [8].

Результати підбору для переходу приведено у таблиці 2.1. Для кожної наведеної паперової карти та морського видання існує електронний аналог (ENC, e-NP).

Перелік посібників та публікацій на перехід (паперових або електронних) приведено у таблиці 2.2.

Таблиця 2.1 – Перелік карт на перехід (паперових або електронних)

Тип карти	№ карти	Назва карти	Масштаб 1:
1	2	3	4
Генеральні карти			
Паперова	4001	A Planning Chart for the Atlantic and Indian Oceans	27 000 000
Паперова	4002	A Planning Chart for the Pacific Ocean	27 000 000
Паперова	4005	A Planning Chart for the Indian Ocean	20 000 000
Паперова	4016	A Planning Chart for the Eastern Atlantic Ocean to the Western Pacific Ocean	20 000 000
Паперова	4052	North Pacific Ocean Southwestern Part	10 000 000
Паперова	4053	North Pacific Ocean North Western Part	10 000 000
Паперова	4071	Indian Ocean Northern Part	10 000 000
Паперова	4073	Indian Ocean Eastern Part	10 000 000
Паперова	4508	South China Sea	3 500 000

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4
Паперова	4708	Australia - West Coast	3 500 000
Паперова	4722	Adele Island to Dampier	1 500 000
Паперова	4723	Java to North West Cape	1 500 000
Шляхові карти та плани			
Паперова	913	Taehuksan Kundo to Kyongnyolbi Yolto	250 000
Паперова	967	Palawan	725 000
Паперова	1256	Bo Hai Northern Part of Yellow Sea	900 000
Паперова	1258	Gyeongnyeolbi Yeoldo to Taech'ong G	250 000
Паперова	1968	Taiwan Strait	750 000
Паперова	2877	Pulau Sepanjang to Pulau Sabaru	500 000
Паперова	2892	Pulau Sabaru to Tanjung Rangas	500 000
Паперова	2893	Tanjung Rangas to Tanjung Manibaya	500 000
Паперова	2894	Manimbaya to T Bolituwattan	500 000
Паперова	2903	Pulau Sumba to Semaui	500 000
Паперова	2910	Pulau Jailamu to Pulau Serbete	500 000
Паперова	2915	Selat Lombok to Selat Sape	500 000
Паперова	3236	T'ai-wan to Okinawa Shima	750 000
Паперова	3365	Geomundo to Daeheuksan Gundo Jejudo	250 000
Паперова	3809	Tagolo Point to Cuyo Islands	500 000
Паперова	3811	Basilan Strait to Camiguin Island	500 000
Паперова	4410	Luzon Strait	500 000

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4
Паперова	4411	Cabra Island to Cape Bojeador	500 000
Паперова	4414	Cuyo Islands to Subic Bay	500 000
Паперова	4447	Passages in the Tawi Tawi Group	150 000
Паперова	4448	Passages in the Sibutu Group	150 000
Паперова	4491	Manila Bay and Approaches	150 000
Паперова	4492	Subic Bay to Dasol Bay	150 000
Паперова	AUS328	Montebello Islands To N West Cape	300 000
Паперова	AUS329	North West Cape to Point Cloates	300 000
Карти великого масштабу. Карти підходу (плани)			
Паперова	2139	Approaches to Pelabuhan Klang	80 000
Паперова	2152	Pelabuhan Utara (North Port)	15 000
Паперова	3642	Incheon	15 000
Паперова	1270	Ando to Incheon Hang	75 000
Паперова	1271	Daesan Hang, Pyeongtaek-Dangjin	50 000

Таблиця 2.2 – Перелік публікацій на перехід (паперових або електронних)

NP №	Назва посібника
Admiralty Tide Tables (ATT) (NPs 201-204)	
NP 206-16	ATT Vol 6 North Pacific Ocean
NP 205-16	ATT Vol 5 S China & Indonesia
NP 204-16	ATT Vol 4 South Pacific Ocean
Sailing Directions (Pilots)	
NP 32	Pilot: China Sea, Vol 3
NP 31	Pilot: China Sea, Vol 2
NP 33	Pilot: Philippine Islands
NP 34	Pilot: Indonesia, Vol 2
NP 13	Pilot: Australia, Vol 1
Admiralty Lists of Lights (ALL)	
NP 85	Lights List: West Side of N Pacific
NP 87	Lights List China, Taiwan & G.Tonkin
NP 79	Lights List: Bay of Bengal, Pacific
NP 83	Lights List: Indian and Pacific
Admiralty List of Radio Signals (ALRS) (NPs 281-286)	
NP 281(2)	Volume 1 - Part II, Coast Radio Stations
NP 282	Volume 2 - Radio Navigation Aids, Electronic Position Fixing Systems and Radio Time Signals
NP 283(2)	Volume 3 - Part I, Maritime Safety Information Services: Europe, Africa and Asia
NP 285	Volume 5 - Global Maritime Distress and Safety System (GMDSS)
NP 286 (4), (6)	ALRS: Pilots, VTS, Ports
Miscellaneous Publications	
NP 314	The Nautical Almanac
NP 100	The Mariners Handbook
NP 131	Catalogue of Admiralty Charts and Publications
NP 133	Chart Correction Log and Folio Index
NP 136	Ocean Passages for the World
NP 713	Folio Cover for charts
NP 5011	Symbols and Abbreviations used on Admiralty Charts

2.2.1 Підготовка для прийому та обміну навігаційною інформацією на переході

В цьому підрозділі необхідно проаналізувати, описати та систематизувати навігаційну інформацію, що передається за допомогою GMDSS та факсимільних гідрометеорологічних карт.

За допомогою посібника NP 283 ALRS Volume 3 [11] використовуємо інформацію щодо факсимільних карт погоди та зводимо її до таблиці. 2.3.

На рис. 2.1 зображена схема районів NAVAREA.

За допомогою посібника NP 285 ALRS Volume 5 [13] вибираємо інформацію про райони NAVAREA і станції NAVTEX за маршрутом переходу (табл.. 2.4).

За допомогою посібника NP 286 ALRS Volume 6 [14] визначаємо наявність за маршрутом контрольних постів, районів, де здійснюється управління рухом суден постами СУРС (Reporting Areas), вирішуємо питання про зв'язок з контрольними станціями і постами – терміни, форми і способи подачі інформації. З'ясовуємо деталі зв'язку з лоцманськими станціями і операторами терміналів в портах. Дана інформація подана у таблиці 2.5.

Таблиця 2.3 – Радіостанції факсимільних гідрометеорологічних передач

№ п/п	Радіостанція	Позначення та межа карти	Вміст	Час передачі
1	Beijing (China)	(E)1:20,000,000 45°N.66°E 45°N.150°E 10°N.85°E 10°N.135°E	36 & 48 hour max.temp. prognosis	02:15
		(D)1:10,000,000 50°N.105°E 50°N.160°E 5°N.105°E 5°N.160°E	Typhoon track prognosis	11:26(00) 22:40(12)
		(F)1:20,000,000 43°N.41°E 20°N.160°E 5°S.33°E 4°S.130°E	48 hour surface prognosis	04:28(18)

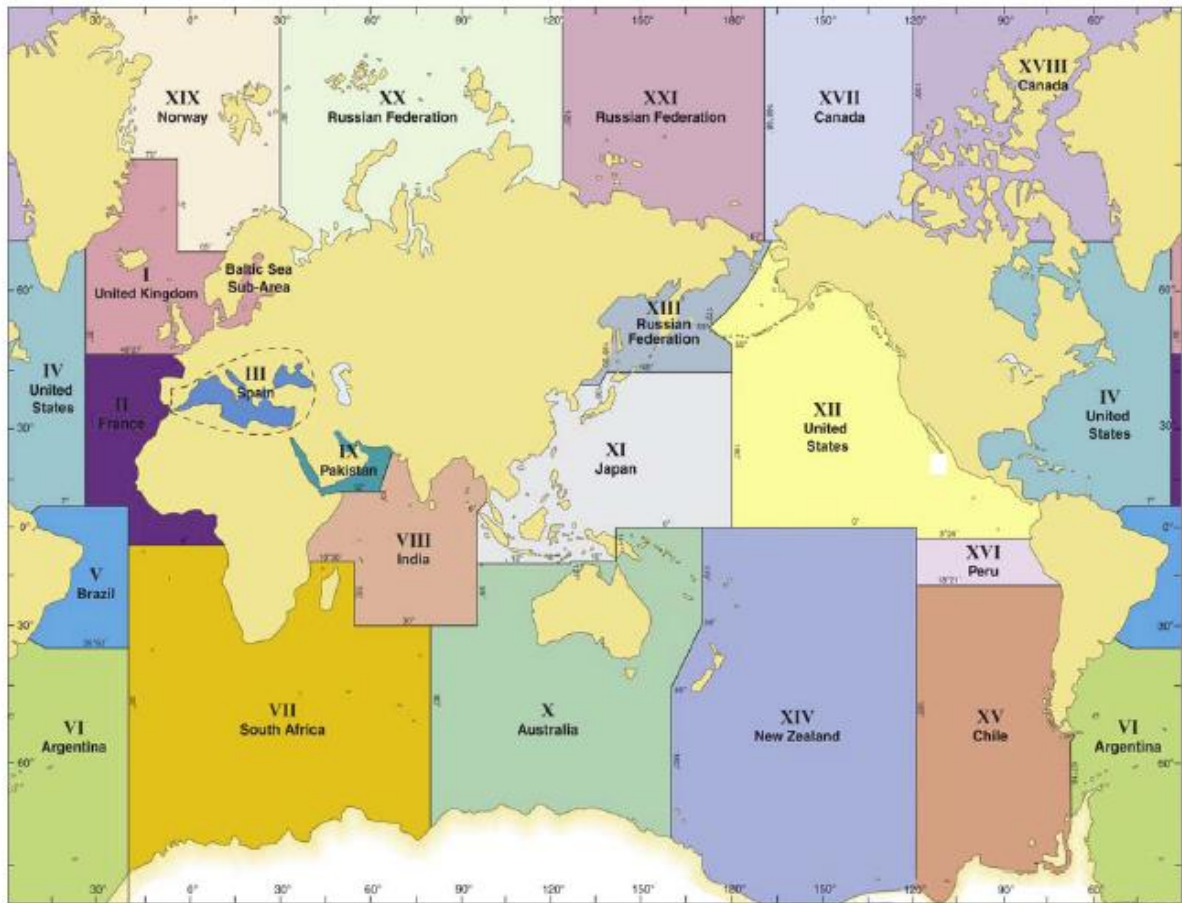


Рисунок 2.1 – Райони NAVAREA

Таблиця 2.4 – Райони NAVAREA, станції NAVTEX на переході

№	Ділянка переходу	Район NAVAREA	NAVTEX	NAVAREA
1	Жовте море	XI Японія	Pyongyang [D] [A]	Північна Корея
		XI Японія	Byeonsan [W]	Південна Корея
		XI Японія	Shangai [Q]	КНР
2	Східно-Китайське море – Філіппіни	XI Японія	Chi-lung [P]	Тайвань
		XI Японія	Linyuan [P]	Тайвань
		XI Японія	Hongkong [L]	КНР
		XI Японія	Manila [J]	Філіппіни
3	Філіппіни – Індонезія	XI Японія	Sandakan [S]	Малайзія
		XI Японія	Makassar [D]	Індонезія

Таблиця 2.5 – Зв'язок на переході

№	Станція	Спосіб зв'язку	Канали, частоти	Примітки
1	Incheon VTS	VHF	6, 16	Incheon VTS Center
			Сектор 1 – 14	
			Сектор 2 – 68	
2	Pilots	VHF	Janganseong – 8, 16	Incheon Pilots
			Palmido – 13, 14	
3	Fremantle Port Control	VHF	14, 16	Fremantle Port Control
4	Pilots	VHF	12	Fremantle Pilots

На підставі отриманої навігаційної інформації можна зробити висновок про достатність інформаційного забезпечення і безпечного плавання на переході.

2.2.2 Збір та аналіз гідрометеорологічної інформації

Аналіз гідрометеорологічних умов по маршруту плавання виконуємо за період переходу, що проробляється. Для цього використовуються середні багаторічні дані, які наведені в Атласах океанів, кліматологічних, гідрографічних і океанографічних посібниках, Pilot Chart [15, 16]. Для опису гідрометеорологічних умов необхідно перехід розбити на ділянки (три і більше) в залежності від відстані між портами.

Гідрометеорологічна характеристика погодних умов, які очікуються на переході, повинна включати наступне:

1) Атмосферний тиск, вітер. Визначимо атмосферний тиск за багаторічними даними на переході (табл. 2.6);

– оберемо за маршрутом плавання три "рози вітрів", для кожної з них покажемо повторюваність напрямків вітру у відсотках, повторюваність різних швидкостей вітру, повторюваність штилів; отримані дані занесемо до табл. 2.6;

2) Видимість, водний і тепловий режими атмосфери, гідрологічні характеристики. У цьому пункті визначимо температури повітря і води, відносну вологість, повторюваність туманів і видимості менше двох миль, хмарність, основні характеристики течій і хвиль району, що вивчається. Дані занесено до табл. 2.7.

3) Небезпечні явища погоди. В залежності від району плавання та пори року можливо виникнення небезпечних або особливих явищ погоди. Наприклад, тропічні циклони, хвилі-вбивці, водяні смерчі, припливи тощо. Тому необхідно:

- перерахувати можливі небезпечні або особливі явища погоди на переході;
- описати райони та умови виникнення, інтенсивність й продовження явища;
- описати дії судноводія в небезпечних погодних умовах.

Розділимо перехід на три ділянки для опису гідрометеорологічних умов. Для аналізу використовуються багаторічні дані, які наведені в Атласі океанів [15] та Sailing Directions [16] на період переходу.

Одним із найнебезпечніших гідрометеорологічних явищ у тропічних широтах океану є тропічні циклони, які супроводжуються ураганними вітрами, зливами та різким підвищенням рівня моря. Вони становлять серйозну небезпеку для морського судноплавства, оскільки здатні спричиняти значні руйнування, змінювати траєкторію руху суден і створювати критичні умови для навігації.

Тропічні циклони формуються переважно в межах 6° – 20° географічної широти по обидва боки від екватора, у зонах із підвищеною температурою поверхневих вод океану. Сезонність їх розвитку чітко виражена: найбільша активність спостерігається у період із червня по листопад, коли температура

моря досягає максимальних значень. У середньому протягом року в кожному басейні утворюється близько дев'яти тропічних циклонів, хоча окремі сезони можуть бути значно інтенсивнішими.

За своєю структурою тропічний циклон є компактною замкнутою атмосферною системою з добре вираженим центром низького тиску, навколо якого повітряні потоки обертаються по спіралі. Середній діаметр циклону становить близько 300–320 км, а вітри можуть досягати 100–250 км/год.

Під впливом сили Коріоліса повітряні потоки закручуються проти годинникової стрілки в Північній півкулі та за годинниковою стрілкою в Південній. У центральній частині циклону спостерігається так зване «око бурі» – зона відносного затишшя з ясным небом, оточена щільними грозовими хмарами.

Для утворення тропічного циклону необхідна температура поверхневого шару океану не нижча за 26,5 °C до глибини приблизно 50 м. Така температура створює умови для інтенсивного випаровування води та підйому вологого повітря. У результаті конденсації водяної пари виділяється прихована теплота, що стає основним джерелом енергії циклону. Важливу роль відіграє і швидке зниження температури з висотою, яке забезпечує розвиток конвекційних процесів.

Типові райони утворення тропічних циклонів зображено на рисунку 2.2.

Тропічні циклони чинять значний вплив на безпеку мореплавства. Їх супроводжують високі хвилі (іноді понад 10 м), шквальні пориви вітру, сильні опади, зниження атмосферного тиску та різкі зміни напрямку вітру. Для суден це створює ризики пошкодження корпусу, втрати остійності або неможливості керування.

Під час планування переходу в районах потенційної циклонічної активності навігаційний помічник повинен користуватись прогнозами спеціалізованих метеослужб і щоденними повідомленнями про штормову обстановку, що надходять по системах NAVTEX або SafetyNET. У разі

виявлення ознак формування циклону судно має змінити курс або швидкість, щоб уникнути входження у небезпечну зону.

Під час переходу Інчхон – Фрімантл, що проходить через Південно-Китайське море, моря Індонезійського архіпелагу та східну частину Індійського океану, існує певна загроза впливу тропічних циклонів, особливо на початкових етапах маршруту.

У літній період активність циклонів найвища у західній частині Тихого океану, зокрема поблизу Філіппін, Тайваню та Південно-Китайського моря. Саме ці райони прилягають до маршруту судна після виходу з Інчхона, тому під час переходу можливе потрапляння під вплив периферійних штормових фронтів, що спричиняють різке посилення вітру, хвилювання до 5–6 балів і значне зниження видимості.

Далі, у районі Індонезійських проток і північної частини Індійського океану, циклонічна активність поступово зменшується, однак судно все ще може відчувати наслідки мусонних вітрів і хвиль довгої протяжності, які ускладнюють керування та збільшують витрату палива. Загалом ризик прямого потрапляння в зону тропічного циклону на маршруті Інчхон – Фрімантл є помірним, проте потребує постійного моніторингу прогнозів штормової обстановки та готовності до корекції маршруту у разі зміни погодних умов.

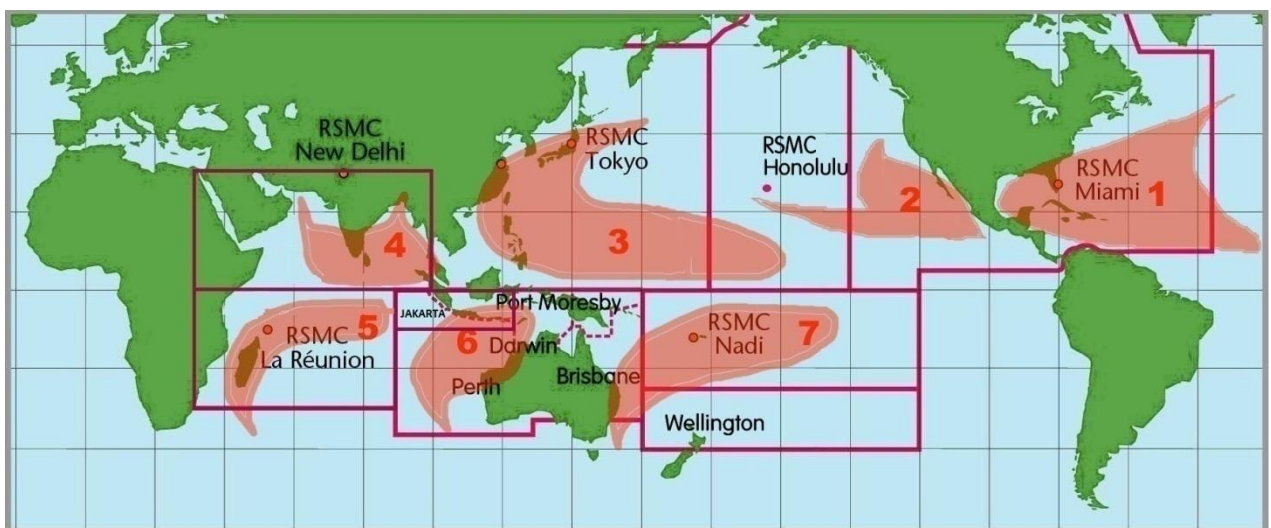
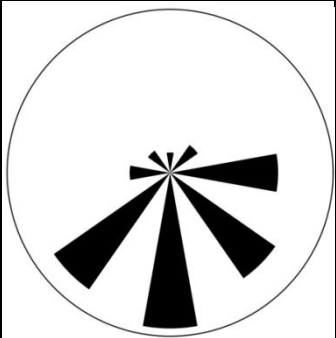


Рисунок 2.2 – Басейни тропічних циклонів

Таблиця 2.6 – Атмосферний тиск і розшифровка «роз вітрів»

Характеристики за ділянками	Ділянка №1 Жовте море – Західне Філіппінське море			Ділянка №2 Західне Філіппінське море – Індонезія			Ділянка №3 Індонезія – Австралія		
Атмосферний тиск, гПа	1006			1008			1018		
Вітер	Роза вітрів № 1			Роза вітрів № 2			Роза вітрів № 3		
Направлення вітру	Повторюваність вітру, %			Повторюваність вітру, %			Повторюваність вітру, %		
	Сумарна	11-15 м/с	>16 м/с	Сумарна	11-15 м/с	>16 м/с	Сумарна	11-15 м/с	>16 м/с
N	3	1	-	6	-	-	8	-	-
NE	5	1	-	12	2	-	10	-	-
E	16	2	-	14	3	-	9	1	-
SE	19	3	-	22	4	-	22	2	-
S	23	5	1	21	3	-	20	4	1
SW	21	4	1	20	3	1	22	4	1
W	6	-	-	6	-	-	7	-	-
NW	4	-	-	5	-	-	6	-	-
Результуючий вітер	направлення, у румбах		SES	направлення, у румбах		SE	направлення, у румбах		S
	швидкість, м/с		2	швидкість, м/с		4	швидкість, м/с		6
Максимальна швидкість вітру, м/с	спостережена		18	спостережена		21	спостережена		24
	розрахункова		22	розрахункова		25	розрахункова		28
Повторюваність штилів, %	3			2			4		
Схема «рози вітрів»									

Таблиця 2.7 – Видимість, водний і тепловий режими атмосфери, гідрологічні характеристики

Характеристики за ділянками		Ділянка №1 Жовте море – Західне Філіппінське море	Ділянка №2 Західне Філіппінське море – Індонезія	Ділянка №3 Індонезія – Австралія
Температура повітря, °C		28	30	19
Температура води, °C		29	30	20
Відносна вологість, %		75	80	70
Повторюваність туманів, %		1	0	0
Видимість менше 2 миль		2	-	-
Хмарність, бали		5	6	6
Солоність води, ‰		32	33	35
Щільність води, г/см ³		1,024	1,025	1,027
Постійні течії	назва	-	Філіппінська	Австралійська прибережна
	термодинамічна характеристика	-	тепла	тепла
	направлення	-	S - SW	S
	швидкість, вузл.	-	0,5-1	0,5
	стійкість	-	60-70	50-60
Швидкість припливних течій, вузл.		0,5-1	0,5	0,5
Висота хвиль, м	середня	2-3	3-4	3-4
	максимальна	4	6	7
Період хвиль, с		6	7	8

2.2.3 Збір та аналіз навігаційної інформації при прибережному плаванні

Користуючись Sailing directions [16] та Guide to Port Entry [17], у даному пункті наведемо навігаційну та загальну інформацію щодо портів, місць

лоцманської проводки, якірних стоянок, місць докладу, плани портів та забезпеченість ЗНО.

Інчхон (Південна Корея)

Координати: 37°28'N, 128°36'E.

Лоція: NP 32 – Pilot: China Sea, Vol 3.

Розташування: Інчхон знаходиться на східній стороні бухти Уом На на півночі західного узбережжя Південної Кореї.

Загальні відомості: основний порт столиці Південної Кореї – Сеула, що знаходиться приблизно в 15 милях вглиб країни від порту. Є найбільшим портом західного узбережжя і другим за вантажообігом портом країни. Порт складається із зовнішнього і внутрішнього гавані, добре захищений і вільний від льоду. Інчхон з'єднаний паромними переправами з багатьма містами у північному Китаї.

Підхід до порту здійснюється з південного заходу, причому два другорядних фарватери відокремлюються від головного фарватеру поблизу позиції 37°20'N, 126°28'E.

Приливи: діапазон припливів у зовнішній гавані значний, досягає максимум 10-11 м. У LW неможливо пришвартувати великі судна і вони повинні стояти на якорі у зовнішній гавані для обробки вантажів. Щоб зменшити цю незручність, внутрішня гавань захищена шлюзовими спорудами, що робить її басейном без приливів, що дозволяє причалювати океанським суднам місткістю до 50 000 тонн.

Допустима швидкість: суднам розміром до 50 000 т дедвейту слід зменшити швидкість до 10 вузлів.

Обмеження за розміром суден: глибини на головному фарватері перевищують 10,0 м, на другорядному – 12,0 м. Глибини вздовж причалів для суден ро-ро складають не менше 12,5 м. Вхід можливий суднам до 50 000 т дедвейту.

Послуги лоцмана: лоцманська проводка обов'язкова. Зазвичай лоцман сідає на борт в точці 37°20'22"N, 126°28'18"E (Palmi Do). За позивним Incheon Pilots з лоцманом можна зв'язатись на 13 на 14 каналі VHF.

Послуги буксирів: В наявності та використовуються для допомоги судну під час швартування.

Якірні стоянки: Зовнішня гавань має 24 пронумеровані якірні стоянки, розташовані на E та W від фарватеру головного підходу. Якірні стоянки W1 і W5 знаходяться на W від головного фарватеру нижче моста Incheon Grand Bridge. Якірні стоянки мають глибину від 7 до 13 м і здатні приймати судна водотоннажністю до 50 тис. тонн.

Щільність води в порту: 1,023 т/м³.

На рисунку 2.3 наведено план порту відходу.

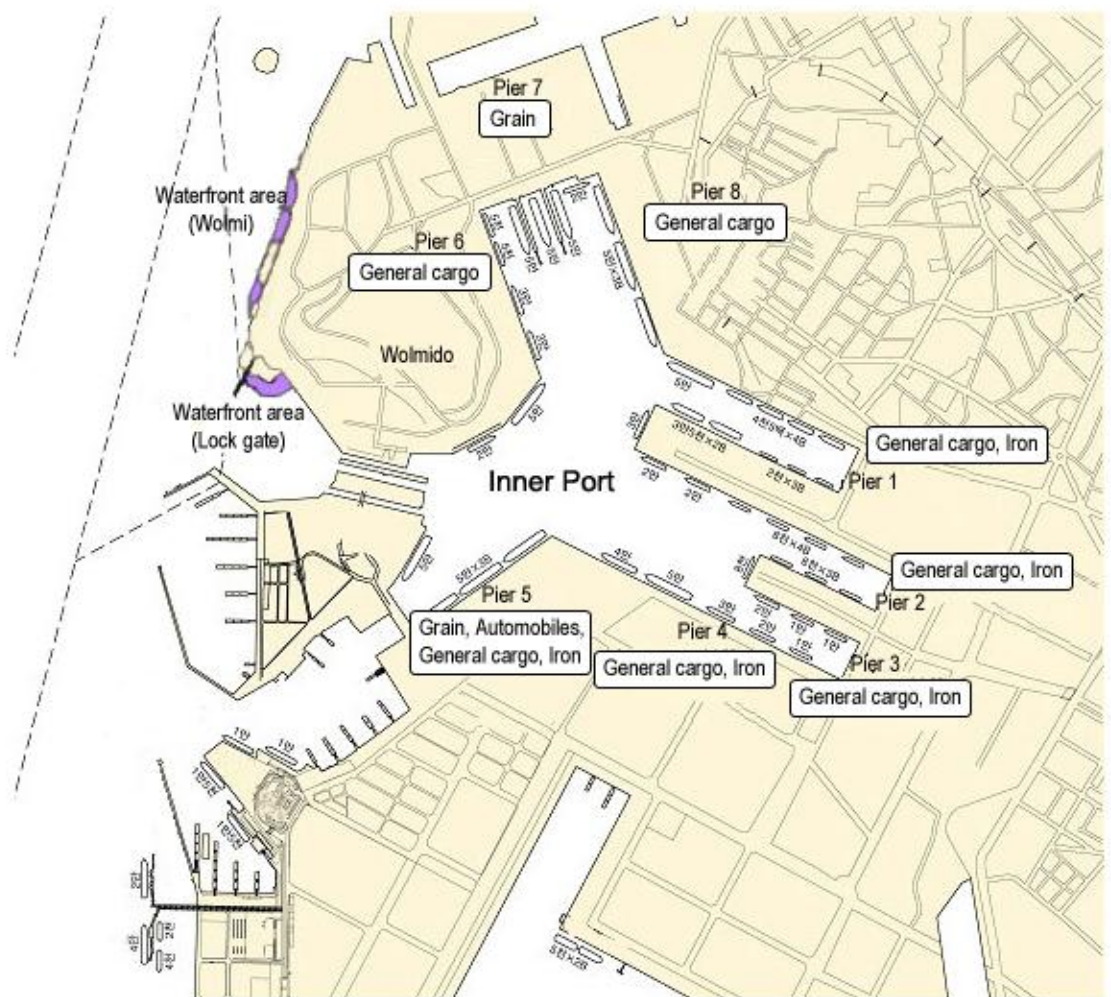


Рисунок 2.3 – План порту відходу

Фрімантл (Австралія)

Координати: 32°03' S 115°44' E.

Лоція: NP 13 – Pilot: Australia, Vol 1.

Розташування: Фрімантл розташований на південному боці входу в річку Swan, на невисокій піщаній рівнині, що з'єднує Arthur Head з материком. Перт, столиця Західної Австралії, лежить в 11 милях вище по річці.

Загальні відомості: Фрімантл – головний торговий порт Західної Австралії. Порт має потужності для обробки навалювальних вантажів, генеральних вантажів, нафтопродуктів, контейнерів і перевезень ро-ро. Порт Фрімантла складається із зовнішньої та внутрішньої гавані. Зовнішня гавань складається з Gage Roads, Owens Anchorage, and Cockburn Sound. Gage Roads доступний для більшості класів суден; інші два доступні лише для суден, які можуть пройти по проточеним каналам через Success Bank і Armelia Bank. Внутрішня гавань складається з гавані Rous Head, Північної набережної та набережної Вікторії.

Припливи: Рівень води у Фрімантлі непостійний і майже повністю залежить від погоди. До та після шторму з заходу високий рівень приблизно 1,2 м зберігається протягом, можливо, 6 днів. У літні місяці, особливо під час погоди зі східним вітром, за цей же період може спостерігатися дуже низький рівень. Припливи зазвичай коливаються від 0,5 до 0,9 м.

Обмеження за розміром суден: Внутрішня гавань Фрімантла – штучна гавань, побудована в гирлі річки Swan. Вхід у внутрішню гавань – це короткий канал глибиною 13 м, який захищений двома молами, що простягаються на захід від материка. Глибини вздовж причалів для суден ро-ро складають не менше 11,0 м. Довжина причалу – 223 м.

Послуги лоцмана: обов'язкові для усіх суден більше 150 gt та доступні цілодобово. Посадка лоцмана для суден с осадкою менше 11 м відбувається у 2 милях на північний захід від входу до внутрішньої гавані, у точці 32°01,4' S, 115°41,3' E. З лоцманом можна зв'язатися на 12 каналі VHF. ЕТА судна,

включаючи запит на лоцманську проводку та відомості про небезпечні вантажі на борту, мають бути відправлені за 48 та 24 години до приходу.

Буксири: в наявності.

Якірні стоянки: У літній сезон, з жовтня по квітень, безпечну та зручну стоянку можна знайти на Gage Roads, на глибині від 14,6 до 16 м, дрібний пісок, приблизно в 1 милі на WSW від входу у Внутрішню гавань. Взимку судна повинні ставити якір приблизно на 0,5 милі далі на захід або північний захід.

У порту можливий ремонт суден до 30 000 т дедвейтом, в наявності послуги дератизації та фумігації, поповнення запасів провізії, бункеру та прісної води.

Щільність води в порту: $1,025 \text{ т/м}^3$.

На рисунку 2.4 зображений план порту приходу.



Рисунок 2.4 – План порту приходу

У таблиці 2.8 наведено перелік засобів навігаційного обладнання на переході.

Таблиця 2.8 – Засоби навігаційного обладнання

№	Назва	Координати		Характеристики	Дальність видимості
		φ	λ		
1	Yonguy-Do	37° 21.06' N	126° 30.71' E	FL (1) 10s 81m	27 м. м.
2	Tokchok-To	37° 16.86' N	126° 05.06' E	FL (1) 12s 172m (351° – 281°)*	18 м. м.
3	Moktot To	36° 55.51' N	125° 47.30' E	FL (1) 20s 63m	26 м. м.
4	Hong-Do	34° 42.31' N	125° 12.72' E	FL (3) 20s 88m (044° – 237°)*	24 м. м.
5	Cape Sandiao	25° 00.57' N	122° 00.04' E	FL (2) 28s 101m	25 м. м.
6	Lu Island	22° 40.60' N	121° 27.99' E	FL (2) 20s 48m	26 м. м.
7	Bolinao	16° 18.64' N	119° 47.34' E	FL (2) 10s 89m (017° – 215°)*	22 м. м.
8	Dumaran	10° 29.54' N	119° 59.82' E	FL (1) 5s 111m	16 м. м.
9	Masonry	08° 43.59' N	119° 48.89' E	FL (1) 5s	15 м. м.
10	Zan I.	05° 49.50' N	119° 44.49' E	FL (1) 5s 19m	15 м. м.
11	P. Tuguan	00° 34.98' N	119° 48.41' E	FL (1) 5s 92m	23 м. м.
12	Mamuju	02° 37.48' S	118° 50.11' E	FL (1) 6s 98m (030° – 240°)*	23 м. м.
13	P. Dewakang Besar	05° 23.71' S	118° 25.95' E	FL (1) 5s 33m	15 м. м.
14	Ibus	08° 23.30' S	115° 41.88' E	FL (3) 20s 70m	19 м. м.
15	Nusa Penida	08° 48.88' S	115° 35.13' E	FL (2) 15s 208m	25 м. м.
16	Cape Inscription	25° 28.87' S	112° 58.37' E	FL (3) 15s 39m (040° – 303°)*	12 м. м.
17	North Island	28° 17.75' S	113° 35.41' E	FL (3) 30s 16m	18 м. м.
18	Rottneest	32° 00.46' S	115° 30.14' E	FL (1) 7.5s 80m	26 м. м.

2.3 Навігаційні розрахунки для забезпечення безпеки плавання

2.3.1 Розрахунок ортодромії

Виконаємо розрахунок необхідності слідування дугою великого кола аналітичним способом для найдовшої ділянки переходу.

Задамо відповідні координати:

$$1. \varphi_H = 08^\circ 55' \text{ S}, \lambda_H = 115^\circ 39' \text{ E};$$

$$2. \varphi_K = 21^\circ 23' \text{ S}, \lambda_K = 113^\circ 28' \text{ E}.$$

1. Знаходимо різницю широт ($\Delta\varphi$):

φ_2	$-21^\circ 23'$
$-\varphi_1$	$-08^\circ 55'$
$\Delta\varphi$	$-12^\circ 28' \text{ (до S)} = -748'$

2. Знаходимо різницю довгот ($\Delta\lambda$):

λ_2	$113^\circ 28'$
$-\lambda_1$	$115^\circ 39' \text{ E}$
$\Delta\lambda$	$-2^\circ 11' \text{ (до W)} = -131'$

3. Знаходимо різницю меридіональних частин (m):

$$m = 3437,75 \cdot \ln \left[\frac{\operatorname{tg}(45^\circ + \frac{\varphi_2}{2})}{\operatorname{tg}(45^\circ + \frac{\varphi_1}{2})} \right] \quad (2.1)$$

$$m = -785,28$$

4. Визначаємо локсодромічний курс по формулі:

$$K_n = \arctg(m / \sqrt{m^2 + \Delta\lambda^2}) \quad (2.2)$$

$$K_n = \arctg(-785,28 / \sqrt{-785,28^2 + (-131)^2}) = 189,5^\circ.$$

5. Розраховуємо оксодромічну відстань:

$$S_{\lambda} = \Delta\varphi / \cos K_{\lambda} \quad (2.3)$$

$$S_{\lambda} = -748' / \cos(189,5^{\circ}) = 758,9 \text{ миль}$$

6. Розраховуємо довжину ортодромії за формулою:

$$D = \arccos(\sin\varphi_1 \sin\varphi_2 + \cos\varphi_1 \cos\varphi_2 \cos\Delta\lambda); \quad (2.4)$$

$$D = 758,6 \text{ миль}$$

7. Визначаємо доцільність плавання по ортодромії:

$$\Delta D = S_{\lambda} - D \quad (2.5)$$

$$\Delta D = 758,9 - 758,6 = 0,3 \text{ милі}$$

Таким чином, ортодромія на 3 кбт коротша за локсодромію. Різниця не є суттєвою і плавання по ортодромії недоцільне на даній ділянці, як і у цілому на переході.

2.3.2 Складання маршрутних листів

Відповідно до рекомендацій ІМО, при плануванні рейсу необхідно скласти маршрутні листи, які повинні лежати на штурманському столі. Безумовно, протягом рейсу в маршрутні листи вносяться необхідні зміни.

Маршрутний план переходу приведено в таблиці 2.9.

Таблиця 2.9 – Маршрутний план переходу

WP №	ПУ, °	S, милі	V, вуз.	Тривалість плавання, год. хв.	Поворотні точки і їх положення відносно примітних орієнтирів					
					Дата, час	φ	λ	Π	Дк, милі	Назва орієнтиру
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0	-	-	-	-	01-07 08:00	37° 27.9' N	126° 36.8' E	-	-	-
1	253	0.2	5	2 хв	01-07 08:02	37° 27.9' N	126° 36.8' E	-	-	-
2	277	0.4	5	5 хв	01-07 08:07	37° 27.8' N	126° 36.5' E			Латеральні буї
3	219	0.8	5	10 хв	01-07 08:16	37° 27.9' N	126° 36.0' E			Латеральні буї
4	206	3.2	5	38 хв	01-07 08:55	37° 27.2' N	126° 35.4' E			Латеральні буї
5	230	6.5	9	43 хв	01-07 09:38	37° 24.4' N	126° 33.6' E			Латеральні буї
6	263	4.7	9	31 хв	01-07 10:09	37° 20.2' N	126° 27.4' E	215	4.1	Yonguy-Do
7	236	5.4	9	36 хв	01-07 10:45	37° 19.7' N	126° 21.5' E	071	2.8	Yonguy-Do
8	212	8.5	9	57 хв	01-07 11:42	37° 16.7' N	126° 16.0' E	078	7.4	Yonguy-Do
9	201	9.1	12	46 хв	01-07 12:28	37° 09.5' N	126° 10.3' E	272	8.7	Tokchok-To
10	221	19.2	12	1 г 36 хв	01-07 14:04	37° 01.0' N	126° 06.3' E	232	23.1	Moktot To
11	199	15.2	12	1 г 16 хв	01-07 15:20	36° 46.5' N	125° 50.4' E	250	16.1	Moktot To
12	196	112.3	15	7 г 29 хв	01-07 22:49	36° 32.1' N	125° 44.4' E	344	9.3	Moktot To
13	194	610.4	15	1 д 16 г 42 хв	03-07 15:30	34° 44.1' N	125° 06.8' E	005	23.6	Moktot To
14	196	140.5	15	9 г 22 хв	04-07 00:52	24° 51.8' N	122° 16.3' E	109	5.1	Hong-Do
15	197	272.4	15	18 г 10 хв	04-07 19:02	22° 36.7' N	121° 34.1' E	300	17.1	Cape Sandiao
16	201	115.6	15	7 г 42 хв	05-07 02:44	18° 16.0' N	120° 09.8' E	305	6.9	Lu Island

Продовження Таблиці 2.9

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
17	178	257.9	15	17 г 12 хв	05-07 19:56	12° 10.4' N	119° 33.6' E	115	22.2	Bolinao
18	156	17.4	15	1 г 10 хв	05-07 21:06	11° 54.6' N	119° 40.8' E			GPS
19	138	20.4	15	1 г 22 хв	05-07 22:27	11° 39.5' N	119° 54.9' E			GPS
20	142	11.7	12	59 хв	05-07 23:26	11° 30.2' N	120° 02.2' E			GPS
21	175	24.8	15	1 г 39 хв	06-07 01:05	11° 05.6' N	120° 04.6' E			GPS
22	181	36.0	15	2 г 24 хв	06-07 03:29	10° 29.6' N	120° 03.9' E			GPS
23	176	104.4	15	6 г 58 хв	06-07 10:26	08° 45.3' N	120° 10.6' E	269	4.0	Dumaran
24	186	166.4	15	11 г 6 хв	06-07 21:32	06° 00.0' N	119° 51.7' E	265	21.5	Masonry
25	180	17.6	15	1 г 10 хв	06-07 22:42	05° 42.4' N	119° 51.6' E	214	12.7	Zan I.
26	197	41.1	15	2 г 44 хв	07-07 01:27	05° 03.1' N	119° 39.5' E	315	10.0	Zan I.
27	165	25.6	15	1 г 42 хв	07-07 03:09	04° 38.4' N	119° 46.3' E			GPS
28	184	235.3	15	15 г 41 хв	07-07 18:50	00° 43.7' N	119° 30.5' E			GPS
29	196	206.9	15	13 г 48 хв	08-07 08:38	02° 35.2' S	118° 33.5' E	115	19.9	P. Tuguan
30	185	81.5	15	5 г 26 хв	08-07 14:04	03° 56.5' S	118° 26.9' E	097	16.8	Mamuju
31	187	89.1	15	5 г 56 хв	08-07 20:00	05° 25.0' S	118° 16.0' E			GPS

Продовження Таблиці 2.9

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
32	218	45.4	15	3 Г 2 ХВ	08-07 23:02	06° 00.7' S	117° 47.8' E	082	10.0	P. Dewakang Besar
33	220	162.1	15	10 Г 48 ХВ	09-07 09:50	08° 04.5' S	116° 02.3' E			GPS
34	202	15.3	15	1 Г 1 ХВ	09-07 10:52	08° 18.7' S	115° 56.4' E			GPS
35	209	23.7	15	1 Г 35 ХВ	09-07 12:26	08° 39.5' S	115° 44.8' E	252	15.1	Ibus
36	199	16.8	15	1 Г 7 ХВ	09-07 13:34	08° 55.4' S	115° 39.3' E	225	13.4	Nusa Penida
37	190	758.7	15	2 Д 2 Г 35 ХВ	11-07 16:08	21° 23.5' S	113° 27.9' E	327	7.8	Nusa Penida
38	189	248.5	15	16 Г 34 ХВ	12-07 08:42	25° 29.1' S	112° 46.5' E			GPS
39	169	180.2	15	12 Г 1 ХВ	12-07 20:43	28° 26.0' S	113° 24.8' E	088	10.7	Cape Inscription
40	155	194.0	15	12 Г 56 ХВ	13-07 09:39	31° 21.5' S	115° 00.3' E	048	12.4	North Island
41	147	34.5	15	2 Г 18 ХВ	13-07 11:57	31° 50.5' S	115° 22.2' E			GPS
42	122	13.9	12	1 Г 9 ХВ	13-07 13:07	31° 57.9' S	115° 36.0' E	145	11.9	Rottnest
43	148	6.4	12	32 ХВ	13-07 13:39	32° 03.3' S	115° 40.0' E	243	5.5	Rottnest
44	096	2.8	5	34 ХВ	13-07 14:12	32° 03.6' S	115° 43.3' E	289	8.8	Rottnest
45	058	1.2	5	14 ХВ	13-07 14:27	32° 02.9' S	115° 44.5' E			Латеральні буї
46	067	0.6	5	7 ХВ	13-07 14:34	32° 02.7' S	115° 45.2' E			Латеральні буї

2.3.3. Графічний план переходу

Результати навігаційного планування переходу оформимо у вигляді графічного плану переходу. На графічному плані наноситься наступна інформація: курс судна, назви портів відходу/заходу, основні течії, рози вітрів. Графічний план переходу представлено на рисунку 2.5.

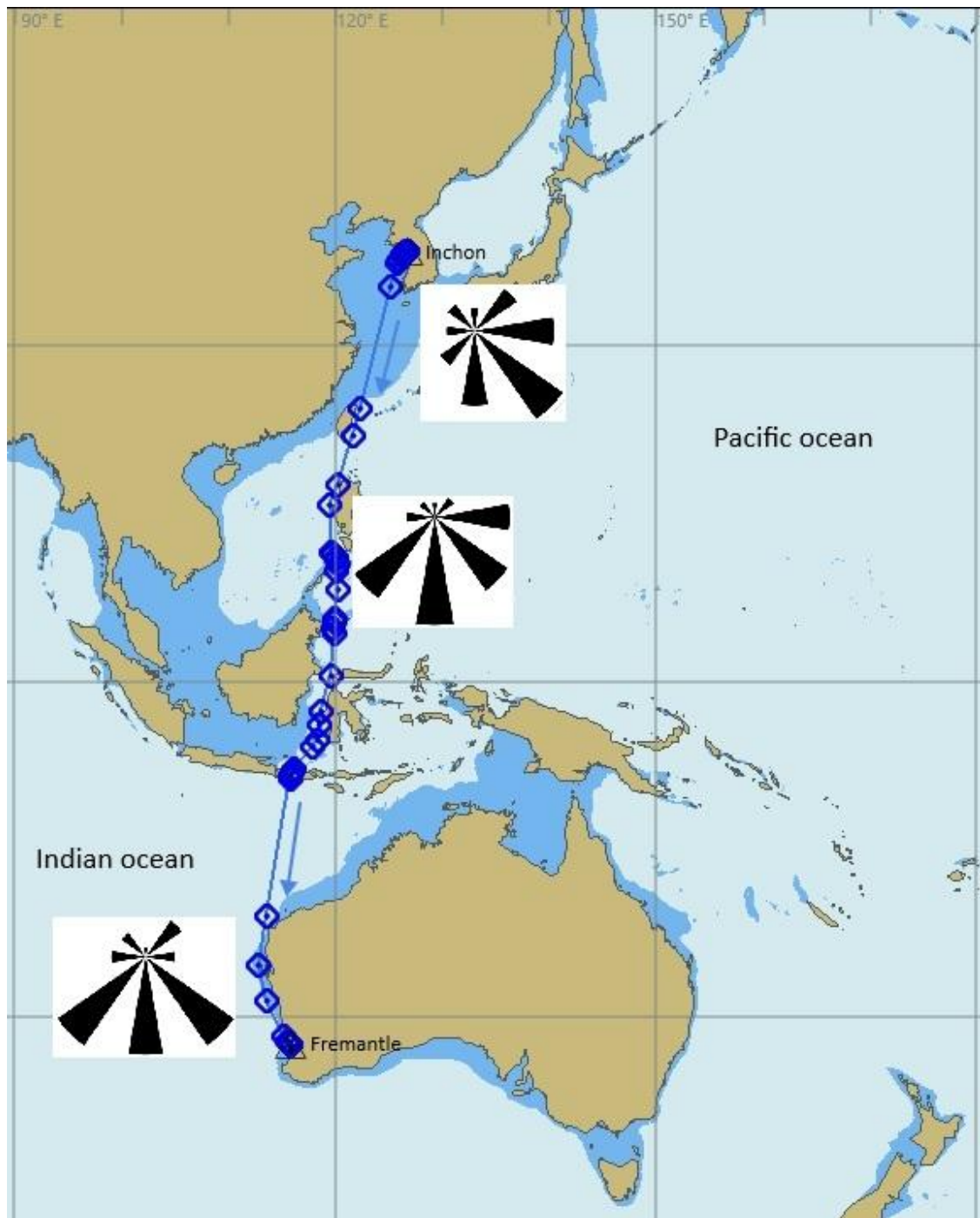


Рисунок 2.5 – Графічний план переходу

2.3.4 Розрахунок природної освітленості

Розрахунки освітленості виконують двома послідовними наближеннями:
 – за широтою φ і датою запланованого плавання виберемо з Nautical Almanac [18] без інтерполяції моменти місцевого середнього часу (LMT) сходу і заходу Сонця і Місяця.

– по довготі λ передбачуваного місця на полудень кожної доби переводять моменти в судновий час (ZT) та на кожний такий момент знаходять прокладенням наперед координати j і l місця судна.

Далі розраховуються по Nautical Almanac [18] моменти (ZT) явищ, характеризуючих освітленість (користуючись для інтерполяції таблицями: "Conversion of ARC to Time" і "Tables for Interpolating Sunrise, Moonrise, etc". Результати вносять в таблицю.

По широті місця судна j і схиленню Сонця d на моменти його сходу і заходу за формулою $tg A$ розрахуємо азимути Сонця (Z) при сході і заході, які також внесемо до таблиці 2.10.

Для отримання місцевого часу явища (*Correct LMT*) треба у табличний час ввести дві поправки: $Correct\ LMT = LMT\ for\ Lat + Lat\ correction + Long\ correction$.

Місцевий час явища переводять у Грінвічний:

$$GMT = Correct\ LMT \pm Longitude.$$

Грінвічний час явища переводять в судновий:

$$ZT = GMT \pm ZD.$$

У таблиці 2.10 приведено елементи освітленості на початок, середину та кінець рейсу. Наведемо розрахунок елементів освітленості на дату початку рейсу.

Twilight		Sunrise		Sunset		Twilight	
<i>LMT</i>	03:30	<i>LMT</i>	04:40	<i>LMT</i>	19:21	<i>LMT</i>	20:30
$+ \Delta T_{\varphi}$	+0:02	$+ \Delta T_{\varphi}$	+0:02	$+ \Delta T_{\varphi}$	+0:02	$+ \Delta T_{\varphi}$	+0:02
$+ \Delta T_{\lambda}$	+0:01	$+ \Delta T_{\lambda}$	+0:01	$+ \Delta T_{\lambda}$	+0:01	$+ \Delta T_{\lambda}$	+0:01
<i>C.LMT</i>	03:33	<i>C.LMT</i>	04:43	<i>C.LMT</i>	19:24	<i>C.LMT</i>	20:33
$\pm \lambda$	-8:26	$\pm \lambda$	-8:26	$\pm \lambda$	-8:26	$\pm \lambda$	-8:26
<i>GMT</i>	19:07	<i>GMT</i>	20:17	<i>GMT</i>	10:58	<i>GMT</i>	12:07
$\pm ZD$	+9	$\pm ZD$	+9	$\pm ZD$	+9	$\pm ZD$	+9
<i>ZT</i>	04:07	<i>ZT</i>	05:17	<i>ZT</i>	19:58	<i>ZT</i>	21:07

Таблиця 2.10 – Елементи освітленості

Date	Twilight ZT	SUN				Twilight ZT	MOON		
		Sunrise ZT	Z_N	Sunset ZT	Z_N		Moonrise ZT	Age	Moonset ZT
01.07	04:07	05:17	60°	19:58	301°	21:07	05:16	26 (12%)	19:58
08.07	05:07	06:11	62°	18:50	298°	19:53	06:11	2 (9%)	18:49
13.07	06:18	07:15	65°	17:31	294°	18:27	07:16	9 (67%)	17:30

2.3.5 Розрахунок висот приливів та побудова графіків приливів

Здійснюємо розрахунок приливних явищ для портів відходу і приходу, користуючись TideTables [19].

В таблицях 2.11 – 2.12 наведено інформацію про висоту приливів у портах відходу і приходу відповідно.

На рисунках 2.6 – 2.7 зображено графік приливних явищ у портах Інчхон та Фрімантл відповідно.

Таблиця 2.11 – приливні явища порту Інчхон

TIDALFORM

STANDART PORT: INCHEON

DATE 01.07.2025

TIME ZONE –09:00

Time		Height		RANGE
HW	LW	HW	LW	
09:04	02:39	8,0	1,3	6,7
21:23	15:16	7,2	1,8	5,4

Таблиця 2.12 – приливні явища порту Фрімантл

TIDALFORM

STANDART PORT: FREMANTLE

DATE 13.07.2025

TIME ZONE –08:00

Time		Height		RANGE
HW	LW	HW	LW	
10:34	19:57	1,2	0,6	0,6

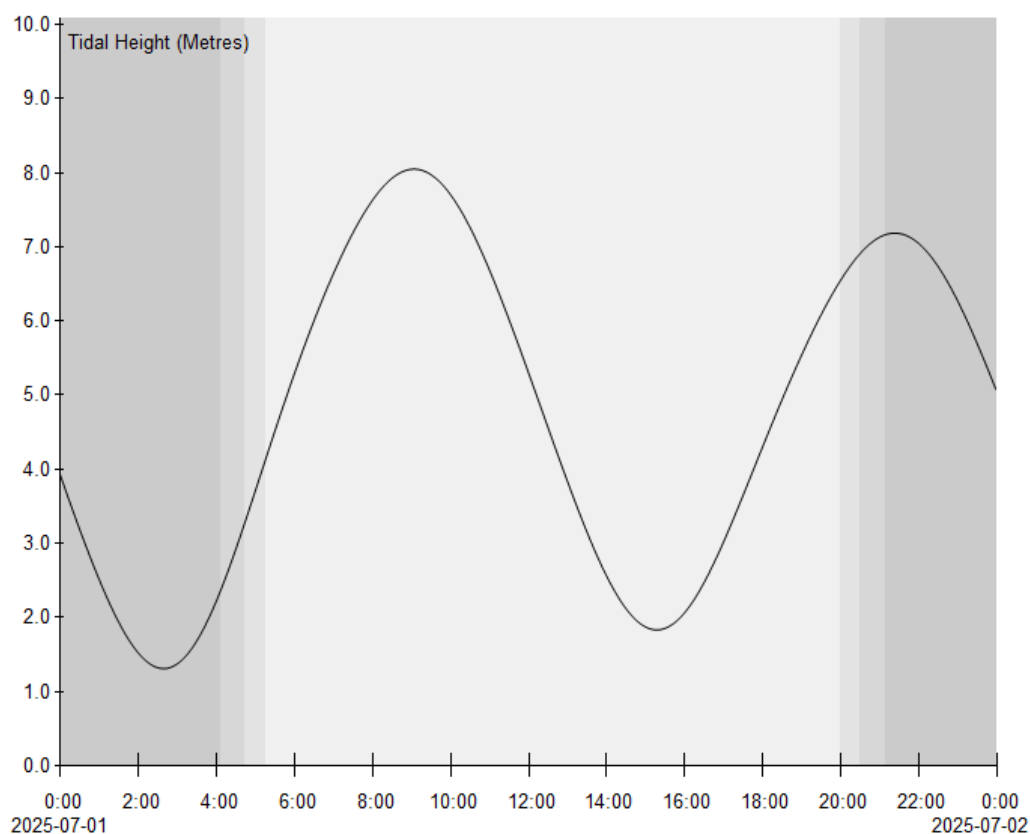


Рисунок 2.6 – Приливні явища порту Інчхон

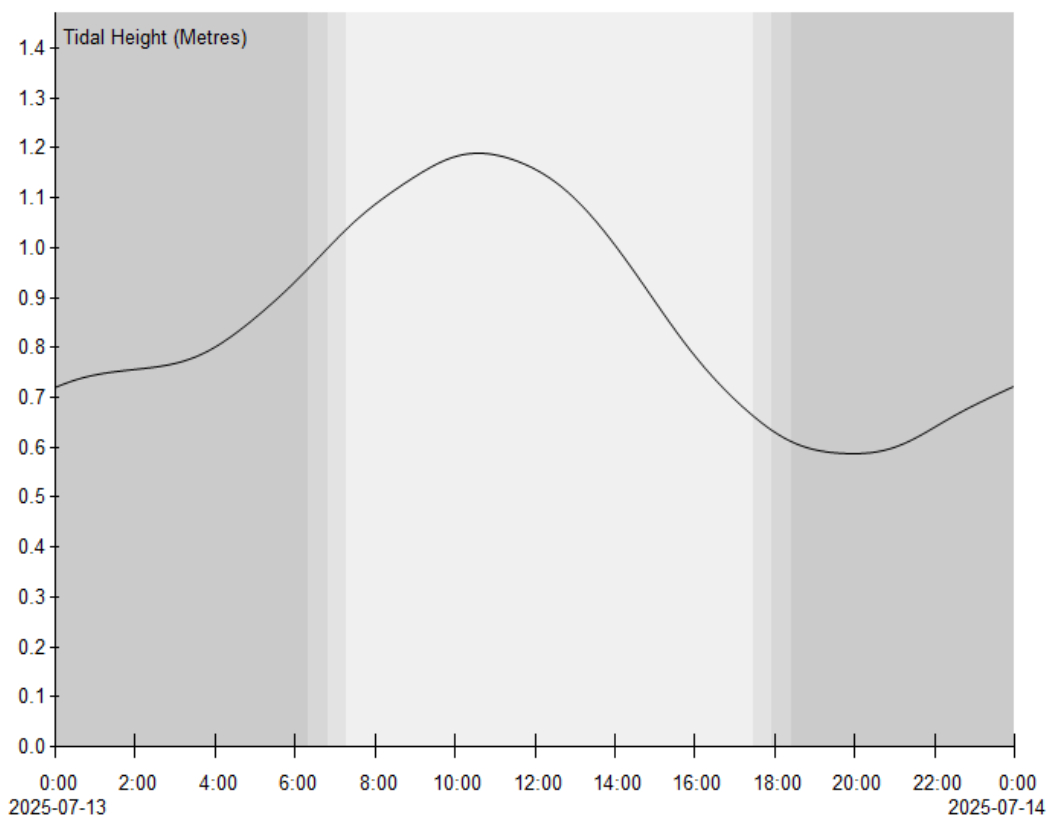


Рисунок 2.7 – Приливні явища порту Фрімантл

2.4. Висновки

У ході виконання даного розділу було здійснено повний комплекс заходів, необхідних для якісної підготовки та забезпечення безпеки навігаційного переходу за маршрутом Інчхон – Фрімантл. На основі міжнародних вимог, визначених Конвенцією SOLAS [2], Кодексом STCW [3] та Резолюцією ІМО А.893 (21) [4], були послідовно реалізовані етапи планування рейсу.

На етапі оцінки переходу виконано підбір навігаційних карт відповідно до каталогу, а також визначено повний перелік необхідних посібників і публікацій, що забезпечують інформаційний супровід рейсу. Окрему увагу приділено каналам отримання навігаційних повідомлень, факсимільних метеорам та даних NAVTEX, що дозволяє своєчасно отримувати штормові попередження, прогнози погоди та інформацію про навігаційні небезпеки.

У процесі аналізу гідрометеорологічних умов перехід було поділено на три ділянки відповідно до характеру акваторій. За даними багаторічних спостережень складено рози вітрів, визначено метео- та гідрологічні параметри. Особливу увагу приділено оцінці загроз від тропічних циклонів, які характерні для західної частини Тихого океану та акваторій поблизу Філіппін у літній період. Встановлено, що хоча пряме потрапляння судна до ядра циклону малоімовірне, периферійні штормові зони можуть впливати на хвилювання, вітер і видимість на початковій ділянці переходу. Це потребує постійного моніторингу погоди та готовності до коригування маршруту.

В рамках навігаційних розрахунків виконано визначення доцільності руху ортодромією на найдовшій ділянці. Результати показали, що ортодромія лише на 3 кабельтових коротша за локсодромію, тому перехід по дузі великого кола недоцільний. Проведено також розрахунок природної освітленості на початку, в середині та наприкінці рейсу, отримано характеристики припливів у портах Інчхон і Фрімантл та побудовано графіки приливних явищ.

Було виконано складання маршрутних листів, що містять детальний опис кожної поворотної точки, курси, відстані, швидкість, час проходження та положення відносно навігаційних орієнтирів. На основі отриманих даних створено графічний план переходу, на якому відображено загальний маршрут судна від порту відходу до порту призначення.

За результатами проведеної підготовки визначено, що за економічної швидкості ходу у вантажі судно пройде даний маршрут (4365 морських миль) за 12 діб та 6,5 годин.

Таким чином, у розділі було повністю виконано аналіз та оцінку умов плавання, підготовлено навігаційне та гідрометеорологічне забезпечення, проведено необхідні навігаційні розрахунки та оформлено план переходу. Зібрані дані свідчать про те, що за умови дотримання рекомендацій, визначених у цьому розділі, безпека мореплавства на маршруті Інчхон – Фрімонтл вважається забезпеченою.

РОЗДІЛ 3

ОБРОБКА ТА РОЗМІЩЕННЯ ВАНТАЖІВ

3.1 Транспортні характеристики вантажів

Під час підготовки до складання вантажного плану важливо ретельно дослідити транспортні характеристики і властивості вантажів. Правильний і повний облік цих властивостей має велике значення для підвищення безпеки судноплавства. Аналіз маси, об'єму, центру ваги та спеціальних характеристик перевезеного товару сприяє оптимальному розподілу вантажу на судні. Зокрема, небезпечні вантажі потребують особливих умов для безпечного транспортування. Дослідження специфіки вантажу також полегшує своєчасну і збережену доставку товарів, зменшуючи ризики пошкодження або втрати.

Вантажем для перевезення є легкові та вантажні автомобілі.

Автомобілі є генеральним вантажем, який транспортується або в самохідному стані, або за допомогою спеціальних платформ. На суднах, які здійснюють горизонтальну обробку вантажів (ро-ро), автомобілі перевозяться у самохідному стані. Через наявність пального у баках автомобілів, після завантаження відбувається відключення акумуляторних батарей від бортової електромережі. Щоб уникнути подряпин на фарбі, капот, багажник і дах автомобілів захищають спеціальною плівкою. Дані про кожен автомобіль (включаючи VIN-номер тощо) розміщуються на наклейках на одному з вікон автомобіля. Зазвичай автомобільні заводи виконують 99% складання автомобіля, а інші компоненти знаходяться всередині машини (дзеркала, ковпаки, антени і так далі).

Перевезення генеральних вантажів регламентується наступними міжнародними документами:

– International Convention for the Safety of Life at Sea (SOLAS 74/78), Chapters VI, VI [2];

- Code of Safe Practice for Cargo Stowage and Securing (CSS Code) [22];
- International Maritime Dangerous Goods Code (IMDG Code) [23];

Основні вимоги до суден, що перевозять колісну техніку

Судна, які залучаються для перевезення колісної техніки, повинні бути забезпечені «Настановою по кріпленню вантажів» (Cargo Securing Manual, CSM). Палуби, призначені для розміщення таких вантажів, обладнуються точками кріплення найтових, розташування яких визначається судновласником. Поздовжня відстань між цими точками зазвичай не повинна перевищувати 2,5 м, хоча в носовій і кормовій частинах допускається більш часте їх розміщення. Поперечна відстань встановлюється в межах 2,8-3,0 м, з можливим ущільненням у крайових частинах судна. Кожна точка кріплення має витримувати навантаження не менше 120 кН без залишкових деформацій, а якщо вона використовується для кількох найтових одночасно – її міцність збільшується пропорційно.

На суднах типу RO-RO, включно з автопасажи́рськими поромами, у CSM повинен бути наведений план розміщення стаціонарного обладнання для кріплення вантажу із зазначенням його міцності (SWL), а також поперечних і поздовжніх інтервалів між кріпильними точками. Під час проектування таких систем на пасажирських суднах враховують сили, що виникають під час хита́виці, можливі крени судна у випадку пошкодження або затоплення, а також інші фактори, що впливають на надійність кріплення.

Схеми розміщення та кріплення колісної техніки розробляються портом разом із вантажним планом на основі типових варіантів і затверджуються адміністрацією судна. Вони повинні містити чіткі плани вантажних палуб із поздовжніми та поперечними перерізами, прикладами можливого розміщення техніки різних типів, а також умовними позначеннями застосування кріпильних пристроїв у різних частинах судна. У кожному рейсі капітан визначає кількість найтових для кріплення кожного транспортного засобу відповідно до характеристик судна, вантажу та району плавання.

Колісна техніка зазвичай розміщується у закритих вантажних приміщеннях, а перевезення на відкритих палубах дозволяється лише за письмовою згодою вантажовідправника з відповідною відміткою у документах. Відстань між одиницями техніки має бути не менше 0,6 м для автобусів і тролейбусів, 0,1-0,3 м – між бортами легкових автомобілів або іншої КТ, та щонайменше 0,1 м у поздовжньому напрямку. Величина зазорів має забезпечувати доступність і зручність кріплення.

Для фіксації техніки використовують як багаторазові, так і одноразові засоби. Ланцюгові, стрічкові, тросові та синтетичні найтові повинні мати маркування і сертифікати із зазначенням заводської марки, дати виготовлення та допустимим робочим навантаженням (SWL). Дріт, що застосовується для кріплення, повинен бути термічно обробленим і мати межу міцності не менше 30 кг/мм². Сталеві канати фіксують трьома затискачами, розміщеними на відстані 6–10 діаметрів каната один від одного; дротяні найтові закручують для забезпечення натягу. Синтетичні та рослинні канати з'єднують подвійним прямим вузлом або іншим надійним способом, натяг виконують за допомогою скрученого важеля, який після натягу фіксується.

Найтові встановлюються так, щоб до них був безпечний доступ і щоб було можливо підтягувати їх у разі появи слабини. Гаки й інші кріпильні елементи мають запобігати випадковому виходу з отворів під час ослаблення натягу. Кріплення повинно здійснюватися лише до спеціально призначених точок. Якщо техніка не має штатних точок кріплення, її зазвичай фіксують за буксирні вушка, а при їх відсутності – за ресорні сережки, раму, шасі або інші міцні елементи конструкції, які не можуть бути пошкоджені найтовими. Легкові автомобілі кріплять виключно за буксирні вушка.

Найтові на КТ повинні бути розташовані так, щоб кут між ними та горизонтальною або вертикальною площинами становив переважно 30–60°. Під передні або задні колеса транспортних засобів масою понад 2 т, що розміщуються поперек судна, а також під техніку у носових і кормових воротах або на верхній палубі, встановлюють спеціальні упори або бруси, скріплені

дошками. Розміри упорів підбирають відповідно до діаметра колеса, а довжина має приблизно дорівнювати його ширині [24, 25].

Необхідно перевірити, щоб були виконані наступні умови щодо дистанцій:

- між автомобілями від дзеркала до дзеркала – мінімум 5 см;
- між автомобілями від бампера до бампера – мінімум 30 см;
- між автомобілем з боку водія до переборки – мінімум 50 см;
- між автомобілем з боку пасажирів до переборки – мінімум 15 см;
- між дахом автомобіля та верхньою палубою – мінімум 10 см;
- між переднім бампером автомобіля та переборкою – мінімум 50 см.

На рисунку 3.1 приведено мінімальні дистанції між автотранспортом під час розміщення на палубі ролкеру на прикладі діючої інструкції компанії.

На рисунку 3.2 зображено варіанти кріплення в залежності від типу коліс.

Легкові автомобілі, фургони

Мінімальні відстані

Від бамперу до бамперу	30 CM
Від дверей до дверей	10 CM
Від дзеркала до дзеркала	2-5 CM
Від дверей до перешкоди	15 CM
Від бамперу до шпангоуту	30 CM
Вертикально	10 CM
Прохід	50 CM
Аварійні виходи та трапи	50 CM

Важкі та високі вантажі

Мінімальні відстані

Від бамперу до бамперу	40 CM
Від дверей до дверей	10 CM
Від дверей до перешкоди	15 CM
Від бамперу до шпангоуту	40 CM
Вертикально	10 CM
Прохід	50 CM
Аварійні виходи та трапи	50 CM

Рисунок 3.1 – Мінімальні відстані між колісною технікою



Рисунок 3.2 – Варіанти кріплення в залежності від типу коліс

На підставі наведеної інформації про вантаж представимо його транспортні характеристики у вигляді таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Характеристика вантажу

Марка автомобілю	Довжина, м	Ширина, м	Висота, м	Маса, т	Площа з урахуванням вимог до відстані, м ²	Навантаження на палубу, т/м ²	Кількість, шт.
Kia Sportage	4.66	1.865	1.66	1.5	9.746	0.154	2031
Kia Tasman	5.41	1.93	1.89	2.2	11.591	0.190	1008

3.2 Підготовка вантажних приміщень до прийому вантажів та документальне оформлення морського перевезення

Усі вантажні пристрої судна повинні бути повністю підготовлені до приймання вантажу, зазначеного в договорі морського перевезення. На судах типу Ро-Ро перед початком вантажних операцій оглядають і готують апарелі, рампи, пандуси та вантажні ліфти. Приведення палуб у відповідний стан починається з очищення від залишків попередніх вантажів, видалення сепараційних і прокладкових матеріалів та загального прибирання.

Подальша підготовка залежить від характеру вантажу та його властивостей. Під час огляду вантажних приміщень екіпаж виконує роботи, необхідні з огляду на специфіку вантажу: окрім стандартного очищення, миття та провітрювання, може знадобитися прикриття металевих поверхонь мішковиною, брезентом або спеціальною фарбою. Якщо вантаж може пошкодити повітряні, вимірювальні, баластні чи осушувальні труби, електропроводку або інші системи трюму, ці елементи мають бути надійно захищені кожухами чи огорожами. Особливу увагу приділяють справності

водовідливної та протипожежної систем, які повинні бути перевірені в дії перед початком робіт.

Перевезення генеральних вантажів вимагає наявності достатньої кількості прокладочного та сепараційного матеріалу, а також засобів для кріплення. Якщо за умовами договору саме судновласник має забезпечити судно такими матеріалами, то воно не вважається готовим до навантаження доти, доки ці матеріали не доставлено на борт і не розподілено по трюмах відповідно до характеру й обсягу майбутнього вантажу. Аналогічно, судно не може бути визнане готовим до вантажних робіт у разі відсутності достатньої кількості засобів кріплення. У ситуації нестачі тросів, скоб, талрепів або інших пристроїв капітан зобов'язаний до початку вантажних операцій повідомити порт або вантажовідправника про необхідність їх термінової доставки, включно з допоміжними матеріалами – брусами, дошками, упорами, дротом, струбцинами й тросовими затискачами. Факт готовності вантажних приміщень перед початком навантаження оформлюється відповідним актом.

У всіх морських портах світу судна, що заходять у порт, повинні виконати низку формальних процедур відповідно до міжнародних конвенцій і національного законодавства. Це стосується митного, прикордонного, санітарного, екологічного та інших видів контролю, необхідних для отримання дозволу на вільний зв'язок з берегом і проведення комерційних операцій. Прибуття судна в порт вивантаження вважається оформленим за умов, що судно досягло визначеного місця (тобто є “arrived ship”), підготовлене до вантажних робіт, має заповнені всі необхідні документи та подало Нотіс про готовність (Notice of Readiness, NOR).

Підготовка документів необхідна для отримання митного пропуску (customs clearance), міграційного дозволу (immigration approval) та вільної практики (free pratique). Лише після цього поданий Нотіс про готовність вважатиметься легальним. З моменту його подачі зазвичай починається відлік сталійного часу, якщо інше не передбачено умовами чартеру.

До переліку документів, потрібних для проходження контролю, належать список членів екіпажу, перелік приватних речей моряків, список зроблених вакцинацій, відомості про наявність заборонених предметів на борту, морська декларація про здоров'я (Maritime Declaration of Health) та інші документи, визначені вимогами конкретного порту.

Після подачі Нотіс проходить декілька стадій оформлення: спершу він вважається поданим (Tendered), потім отриманим приймаючою стороною (Received), а після перевірки документів і фактичної готовності судна – прийнятим (Accepted).

Договір морського перевезення укладається в письмовій формі та містить опис частини судна або його конкретних приміщень, у яких здійснюватиметься перевезення зазначеного вантажу, а також усі пов'язані з цим умови.

3.3 Розрахунок чистої вантажопідйомності судна

Міжнародна Конвенція про вантажну марку 1966 року [29] встановлює мінімальну висоту надводного борту для морських транспортних суден в залежності від району та сезону плавання, яка вказується в Міжнародному свідоцтві про вантажну марку (International Load Line Certificate), що видається на судно.

Розрахункова водотоннажність судна при повному завантаженні (Δ_p) слугує вихідною початковою величиною для визначення його чистої вантажопідйомності (Δ_v) на рейс та залежить від вантажних марок, що діють в порту навантаження, на маршруті переходу та в порту вивантаження.

Величина Δ_p має забезпечувати постійну відповідність значення мінімальної висоти надводного борту судна, вантажній марці району плавання, з врахуванням витрати змінних запасів. Це означає, що на жодній ділянці переходу вантажна марка судна не має бути втопленою.

Для розрахунку Δ_p на рейс необхідно по Карті зон та сезонних районів визначити діючі вантажні марки у відповідності з часом виконання рейсу. Якщо

під час рейсу судно перетинає декілька зон або сезонних районів, то Δ_p дорівнюватиме лімітуючій водотоннажності, з врахуванням діючих вантажних марок відповідних зон чи сезонних районів в портах завантаження та вивантаження, та на переході морем.

Водотоннажність судна по літню вантажну марку (Δ_l) обирається з Техніко-експлуатаційних характеристик судна:

$$\Delta_l = 25\,333,2 \text{ т.}$$

У порту навантаження на дату відходу діє літня вантажна марка, посеред переходу судно перетинає зону тропічної вантажної марки, а у порту вивантаження також діє літня вантажна марка.

Розрахункова водотоннажність визначається за вантажною маркою з найсуворішими обмеженнями, тому для даного переходу розрахункова водотоннажність Δ_p приймається рівною літній водотоннажності Δ_l .

$$\Delta_p = \Delta_l = 25\,333,2 \text{ т.}$$

Повну вантажопідйомність (дедвейт) судна (Δ_w) можливо визначити, використовуючи отримане значення розрахункової водотоннажності судна на момент завантаження:

$$\Delta_w = \Delta_p - \Delta_o = 25\,333,2 - 12\,783,1 = 12\,550,1 \text{ т,} \quad (3.1)$$

де Δ_o – водотоннажність судна порожнем.

Чисту вантажопідйомність судна (Δ_c) знаходять шляхом віднімання від величини дедвейту судна маси рейсових запасів (P_{zan}), необхідної для забезпечення стоянки в портах навантаження/вивантаження та переходу судна морем, тобто тієї, що знаходиться на судні в момент відходу судна з порту навантаження:

$$\Delta_q = \Delta_w - \sum_{j=1}^m P_{\text{зап}j} - \text{const}, \quad (3.2)$$

де const – константа, яка включає всі невраховані в розрахунках вагові навантаження,

$P_{\text{зап}}$ – маса рейсових запасів.

Рейсові запаси знаходять як суму:

$$\sum_{j=1}^m P_{\text{зап}j} = P_x^{\text{зап}} + P_{\text{ст}}^{\text{зап}}, \quad (3.3)$$

де $P_x^{\text{зап}}$ – маса ходових запасів, т;

$P_{\text{ст}}^{\text{зап}}$ – маса стоянкових запасів, т;

j – відповідна цистерна (танк).

Маса ходових запасів дорівнює:

$$P_x^{\text{зап}} = P_x^{\text{т}} + P_x^{\text{в}} + P_x^{\text{см}}, \quad (3.4)$$

де $P_x^{\text{т}}, P_x^{\text{в}}, P_x^{\text{см}}$ – відповідно кількість палива, води та мастила, необхідна на перехід від порту навантаження до порту вивантаження з врахуванням штормового запасу, т.

Більш детально:

$$P_x^{\text{т}} = q_x^{\text{т}} \cdot (t_x + t_{\text{шт}}), \quad (3.5)$$

$$P_x^{\text{в}} = q_x^{\text{в}} \cdot (t_x + t_{\text{шт}}), \quad (3.6)$$

$$P_x^{\text{см}} = 0,05 \cdot P_x^{\text{т}}, \quad (3.7)$$

де $q_x^{\text{т}}, q_x^{\text{в}}$ – добова норма витрат палива та води на ходу, т/діб;

t_x – ходовий час, діб;

$t_{\text{шт}}$ – штормовий час, діб.

Штормовий час ($t_{шт}$) визначається за допомогою Системи управління безпекою (СУБ) компанії та зазвичай становить 5 діб при океанських переходах та 2 доби – в прибережному плаванні.

Ходовий час (t_x) визначають по формулі:

$$t_x = \frac{L}{24V} + t_{зп}, \quad (3.8)$$

де L – відстань переходу, милі;

V – швидкість судна з вантажем, вуз.;

$t_{зп}$ – час затримок судна на шляху (враховується час на проходження вузькостей та каналів), діб.

Стоянкові запаси визначаються з розрахунку тривалості стоянки в портах навантаження та вивантаження й норм витрати палива та води на стоянці:

$$P_{ст}^{зап} = q_{ст}^T \cdot t_{ст} + q_{ст}^B \cdot t_{ст}, \quad (3.9)$$

де $q_{ст}^T$, $q_{ст}^B$ – добова норма витрати палива та води на стоянці, т/діб;

$t_{ст}$ – нормативна тривалість стоянкового часу, діб.

Стоянковий час як по порту навантаження, так і по порту вивантаження розраховується, виходячи з кількості прийнятого на судно вантажу та у відповідності з вантажними характеристиками відповідного порту,

$$t_{ст} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i}{M}, \quad (3.10)$$

де Q_i – кількість одиниць вантажу одного найменування, шт.;

n – кількість найменувань вантажу;

M – валова норма вантажних робіт в порту навантаження та вивантаження i -тої партії вантажу, од./добу.

Використовуючи вищенаведені формули:

$$t_x = \frac{4365}{24 * 15,1} + 0,3 = 12,34 \text{ діб},$$

$$t_{ст} = \frac{3039}{2200} + \frac{3039}{5000} = 1,99 \text{ діб},$$

$$P_x^m = 31 \cdot (12,34 + 2) = 444,5 \text{ т},$$

$$P_x^g = 4 \cdot (12,34 + 2) = 57,4 \text{ т},$$

$$P_x^{c.M} = 444,5 \cdot 0,05 = 22,2 \text{ т},$$

$$P_x^{\text{зап}} = 444,5 + 57,4 + 22,2 = 524,1 \text{ т},$$

$$P_{\text{ст}}^{\text{зап}} = 8,9 \cdot 1,99 + 5 \cdot 1,99 = 27,7 \text{ т},$$

$$P_{\text{зап}} = 524,1 + 27,7 = 551,8 \text{ т},$$

$$\Delta_q = 12550,1 - 551,8 - 121,7 = 11876,6 \text{ т}.$$

Значення чистої вантажопідйомності судна (Δ_q) визначає максимальну масу вантажів, яку судно може прийняти до перевезення на даний рейс.

Фактична кількість вантажу, яку можна прийняти до перевезення на даний рейс та на дане судно, залежить від:

- чистої вантажопідйомності судна (Δ_q);
- загальної площі вантажних приміщень судна (S_n);
- площі, що займає 1 одиниця техніки, з урахуванням вимог до відстані (S_a);
- значень висоти вантажних приміщень і допустимих навантажень на палубу.

З точки зору експлуатації судна, найбільш вигідним є завантаження, при якому використовується повністю вантажопідйомність та вантажомісткість судна.

Для автомобілевозів пріоритетним є повне використання площі вантажних приміщень судна, а вантажопідйомність рідко використовується повністю.

Виходячи з даних, представлених у табл. 3.1, маса вантажу складає:

$$Q_{\text{общ}} = 2031 \cdot 1,5 + 1008 \cdot 2,2 = 5264,1 \text{ т}.$$

Як видно, маса вантажу не перевищує чисту вантажопідйомність судна, тобто:

$$Q_{\text{обш}} < \Delta_{\text{ч}},$$

$$5264,1 \text{ т} < 11876,6 \text{ т}.$$

3.4 Складання вантажного плану

Від якості складеного вантажного плану залежать безпека мореплавання, збереженість вантажів, комерційні результати роботи судна.

У таблиці 3.2 наведено інформацію про площу, висоту та допустиме навантаження палуби вантажних приміщень судна.

Користуючись даною інформацією, розподілимо вантаж по палубах судна. Результати розрахунку приведені у таблиці 3.3.

У таблиці 3.4 наведено порівняння висоти вантажу з висотою вантажних палуб, а також порівняння фактичного навантаження з допустимим.

Таблиця 3.2 – Характеристики вантажних приміщень судна

CAPACITY TABLE OF PASSENGER CARS							
Deck No	Deck Type	Car No	Uniform Loads (tons/m ²)	Axle Load (tons)	No of wheels	Area (m ²)	Clear Height (mm)
11	Fixed	216	0.3	1.6	2	1930	1900
10	Fixed	466	0.3	1.6	2	4087	2000
9	Fixed	469	0.3	1.6	2	4108	2000
8	Liftable	477	0.25	1.6	2	4164	1700/2200
7	Fixed	449	0.75/1.5	15.0/25.0	2/4	3906	4500/2800/2300
6	Liftable	414	0.25	1.6	2	3831	1700/2200
5	Fixed	423	2.5	25.0/35.0	2/4	3650	5000/3300/2800
4	Fixed	318	0.3	1.6	2	2760	2400
3	Fixed	288	0.3	1.6	2	2507	2200
2	Fixed	234	0.3	1.6	2	2132	2000
1	Tank Top	227	0.3	1.6	2	1958	2000
TOTALS		3981				35034	

CAPACITY TABLE OF LIGHT TRUCKS							
Deck No	Deck Type	Light Truck No	Uniform Loads (tons/m ²)	Axle Load (tons)	No of wheels	Area (m ²)	Clear Height (mm)
7	Fixed	96	0.75/1.5	15.0/25.0	2/4	3906	4500/2800/2300
5	Fixed	98	2.5	25.0/35.0	2/4	3650	5000/3300/2800
TOTALS		194				7556	

CAPACITY TABLE OF ROLL TRAILERS							
Deck No	Deck Type	Roll Trailers No	Uniform Loads (tons/m ²)	Axle Load (tons)	No of wheels	Area (m ²)	Clear Height (mm)
7	Fixed	50	0.75/1.5	15.0/25.0	2/4	3906	4500/2800/2300
5	Fixed	46	2.5	25.0/35.0	2/4	3650	5000/3300/2800
TOTALS		96				7556	

Таблиця 3.3 – Розподіл вантажу по вантажним палубам судна

Палуба	Марка автомобіля	Площа палуби, м ²	Площа 1 автомобіля, м ²	Кількість на палубі, штук	Маса 1 автомобіля, т	Маса вантажу на палубі, т
11	Kia Sportage	1930	9,746	178	1,5	267
10	Kia Sportage	4087	9,746	377	1,5	565,5
9	Kia Sportage	4108	9,746	379	1,5	568,5
8	Kia Sportage	4164	9,746	384	1,5	576
7	Kia Sportage	3906	9,746	360	1,5	540
6	Kia Sportage	3831	9,746	353	1,5	529,5
5	Kia Tasman	3650	11,591	283	2,2	622,6
4	Kia Tasman	2760	11,591	214	2,2	470,8
3	Kia Tasman	2507	11,591	194	2,2	426,8
2	Kia Tasman	2132	11,591	165	2,2	363
1	Kia Tasman	1958	11,591	152	2,2	334,4

Таблиця 3.4 – Перевірка допустимої висоти і навантаження вантажних приміщень

Номер палуби	Марка автомобілю	Висота авто-мобілю, м	Висота палуби, м	Допустиме навантаження, т/м ²	Фактичне навантаження, т/м ²
11	Kia Sportage	1,66	1,900	0,3	0,14
10	Kia Sportage	1,66	2,000	0,3	0,14
9	Kia Sportage	1,66	2,000	0,3	0,14
8	Kia Sportage	1,66	2,200	0,25	0,14
7	Kia Sportage	1,66	2,300	0,75	0,14
6	Kia Sportage	1,66	2,200	0,25	0,14
5	Kia Tasman	1,89	2,800	2,5	0,17
4	Kia Tasman	1,89	2,400	0,3	0,17
3	Kia Tasman	1,89	2,200	0,3	0,17
2	Kia Tasman	1,89	2,000	0,3	0,17
1	Kia Tasman	1,89	2,000	0,3	0,17

Як видно з даних, приведених у табл.3.4, даний розподіл вантажу по палубах судна задовольняє вимогам і є безпечним.

Розподіл вантажу по трюмах на кожній палубі наведено у вантажному плані судна у таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Вантажний план судна

Номер палуби	Розміщення вантажів на судні, т				Всього, т
	Трюм 1	Трюм 2	Трюм 3	Трюм 4	
Палуба 11	127,1	139,9	–	–	267,0
Палуба 10	127,2	123,9	157,2	157,2	565,5
Палуба 9	158,0	125,7	126,8	158,0	568,5
Палуба 8	160,1	160,2	127,3	128,4	576,0
Палуба 7	149,6	133,4	129,6	127,4	540,0
Палуба 6	146,7	118,0	118,1	146,7	529,5
Палуба 5	124,5	180,6	203,6	113,9	622,6
Палуба 4	–	178,0	152,5	140,3	470,8
Палуба 3	–	175,0	136,6	115,2	426,8
Палуба 2	–	205,8	157,2	–	363,0
Палуба 1	–	196,3	138,1	–	334,4
Всього	993,2	1736,8	1447	1087,1	5264,1

3.5 Характеристика експлуатаційних умов рейсу

В цьому підрозділі наведемо техніко-експлуатаційні характеристики портів Інчхон (Південна Корея) та Фрімонтл (Австралія) для оцінки інтенсивності обробки вантажу та обслуговування судна з метою забезпечення мінімально можливого стоянкового часу. Гідрометеорологічні та навігаційні умови плавання і характеристика портів заходу представлені в розділі 2.2.3. Інформацію взято із Guide to Port Entry [17].

Дата початку рейсу: 01.07.2025.

Відстань між портами: 4364,6 миль.

Порт Інчхон (Південна Корея)

Країна та місце розташування порту.

Південна Корея, північна частина західного узбережжя країни; східний берег бухти Уом На. Координати: 37°28'N, 126°36'E. Є головним морським портом столиці Сеул.

Діючі вантажні марки.

У порту діє літня вантажна марка.

Глибини та щільність води у вантажних терміналах.

- Глибини на головному фарватері: понад 12,0 м;
- На ро-ро причалах: не менше 12,5 м;
- Щільність води у порту: $\rho = 1,023 \text{ кг/м}^3$.

Внутрішня гавань є басейном без припливів, здатним приймати судна до 50 000 т дедвейту.

Основні портові правила і формальності.

Інчхон є великим міжнародним портом, де діють стандартні вимоги імміграційного, митного, санітарного та екологічного контролю. Основні години роботи – 24/7, хоча адміністративні служби можуть працювати за стандартним корейським робочим тижнем.

Святкові дні: Новий рік, Чусок, День визволення, буддійські свята, національні державні вихідні (дати змінні).

Перелік і порядок надання послуг.

- Стивідорні послуги: працюють цілодобово, висока інтенсивність обробки контейнерних і ро-ро вантажів.
- Агентське та тальманське обслуговування: доступне в усіх терміналах.
- Лоцманська проводка: обов'язкова; посадка лоцмана в точці 37°20'22"N, 126°28'18"E. Зв'язок по VHF CH 13/14.
- Буксирне забезпечення: наявне, використовується при швартуванні великих суден.

- Постачання: паливо, прісна вода, провізія, запчастини; доступні ремонтні роботи.
- Якірні стоянки: 24 стоянки на глибинах 7–13 м, здатні приймати судна до 50 000 т.

Порт Фрімантл (Австралія)

Країна та місце розташування порту.

Австралія, Західне узбережжя; південний бік входу в річку Swan.
Координати: 32°03'S, 115°44'E. Обслуговує столицю штату – Перт.

Діючі вантажні марки.

У порту діє літня вантажна марка.

Глибини та щільність води у вантажних терміналах.

- Глибина вхідного каналу внутрішньої гавані: 13 м;
- Глибини уздовж ро-ро причалів: не менше 11,0 м;
- Типові глибини на якірних стоянках Gage Roads: 14,6–16 м;
- Щільність морської води: 1025–1027 кг/м³ залежно від сезону.

Припливи невеликі (0,5–0,9 м), рівень води значною мірою залежить від вітрових нагонів.

Основні портові правила і формальності.

Порт дотримується австралійських вимог щодо карантину, біобезпеки, митного та імміграційного контролю (Australian Border Force). Офіційні години терміналів – 24/7, проте адміністративні офіси працюють у робочі дні.

Святкові дні: 1–2 січня, Australia Day, ANZAC Day, Labour Day (WA), Різдво, а також регіональні свята Західної Австралії.

Перелік і порядок надання послуг.

- Стивідорні роботи: 24/7; обслуговуються контейнерні, навалювальні, ро-ро та генеральні вантажі.
- Агентські, тальманські, сюрвейерські послуги: доступні в повному обсязі.

- Лоцманська проводка: обов'язкова для всіх суден понад 150 GT; посадка лоцмана в точці 32°01.4'S, 115°41.3'E; зв'язок по VHF CH 12.
- Буксири: наявні; застосовуються відповідно до вимог порту й осадки судна.
- Постачання: доступні паливо, прісна вода, провізія, технічні матеріали.
- Ремонтні роботи: можливий ремонт суден до 30 000 т дедвейту, у тому числі корпусні, механічні, електротехнічні.
- Якірні стоянки: літня – Gage Roads (14,6–16 м), зимова – далі на W або NW для забезпечення безпеки.

РОЗДІЛ 4

ОЦІНКА МОРЕХІДНИХ ЯКОСТЕЙ СУДНА

Інформація щодо остійності та міцності судна «Viking Emerald» (ІМО 95149879) була розроблена компанією Interschalt та офіційно затверджена класифікаційним товариством Det Norske Veritas від 21.12.2012. Комплекс гідростатичних характеристик судна подано у вигляді таблиць у документі «Final Stability Manual» [30], підготовленому компанією Deltamarine та схваленому Det Norske Veritas 22.03.2013.

Ці матеріали містять повний набір гідростатичних параметрів, необхідних для виконання розрахунків остійності в різних експлуатаційних станах, а також забезпечують відповідність судна чинним вимогам класифікаційного товариства.

Абсциси відраховуються від мідель-шпангоуту і мають знак в кормовій частині «-», а в носовій – «+». Диферент на корму має знак «-», на ніс – «+».

4.1 Розрахунок водотоннажності й координат центра ваги судна

Розподіл запасів на відхід і прихід представлено в таблицях 4.1 – 4.2 відповідно.

Розподіл вантажів по вантажних приміщеннях судна наведено у табл. 4.3.

На рисунку 4.1 представлено вантажний план судна.

Перевірку допустимої висоти і навантаження вантажних приміщень виконано у розділі 3 у таблиці 3.4.

У таблиці 4.4 представлено розподіл баласту.

Таблиця 4.1 – Розподіл запасів на відхід

Найменування цистерн	Міст- кість, т	На відхід				
		Маса, т	Плечі, м		Моменти, тм	
			x	z	M_x	M_z
1	2	3	4	5	6	7
Моторне паливо 0,90 т/м ³						
NO.1 F.O.T. P	423,2	191,0	11,42	4,12	2181	787
NO.1 F.O.T. S	430,4	191,1	11,26	4,12	2152	787
NO.1 F.O.T. CP	300,9	0	11,13	1,3	0	0
NO.1 F.O.T. CS	364,4	0	11,19	1,28	0	0
NO.2 F.O.T. P	507,3	0	-39,89	4,3	0	0
NO.2 F.O.T. S	486,3	0	-39,89	4,28	0	0
F.O. SERV. T.	28,4	27,8	-82,63	11,16	-2300	311
F.O. SETT. T.	35,3	34,6	-80,06	11,24	-2770	389
ВСЬОГО МОТОРНОГО ПАЛИВА		444,5	-1,66	5,11	-736	2274
Дизельне паливо 0,86 т/м ³						
DIESEL O.T. P	97,4	0,0	-59,37	6,81	0	0
DIESEL O.T. S	95,9	0,0	-59,43	6,79	0	0
NO.1 D.O. SERV.T.	14,6	14,3	-79,81	12,62	-1142	181
NO.2 D.O. SERV T.	14,6	14,3	-82,44	12,62	-1180	181
ВСЬОГО ДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВА		28,6	-81,13	12,62	-2321	361
Масило 0,92 т/м ³						
L.O. PURIF. T.	6,3	1,5	-82,63	9,5	-124	14
L.O. SETT. T.	8,4	3,5	-80	9,5	-280	33
M/E L.O. RESERV.T.	34,5	11,0	-76,62	10,03	-843	110
NO.1 L.O. STOR. T.	13,9	0,0	-56,38	11,61	0	0
NO.2 L.O. STOR. T.	13,9	0,0	-56,38	11,61	0	0
NO.1 CYL. O. STOR. T.	29,6	4,0	-56,75	11,61	-227	46
NO.2 CYL. O. STOR. T.	29,6	0,0	-56,75	11,6	0	0
G/E L.O. STOR. T.	7,9	1,0	-83,75	12,97	-84	13
G/E L.O. SETT. T.	3,5	1,2	-83,75	12,57	-101	15
ВСЬОГО МАСТИЛА		22,2	-74,69	10,47	-1658	232
Прісна вода 1,00 т/м ³						
FRESH W.T.	202,4	33,7	-81,43	11,85	-2744	399
DRINK W.T.	202,4	33,7	-81,43	11,85	-2744	399
ВСЬОГО ВОДИ		67,4	-81,43	11,85	-5488	799
ВСЬОГО ЗАПАСІВ		562,7	-18,133	6,514	-10204	3666

Таблиця 4.2 – Розподіл запасів на прихід

Найменування цистерн	Міст- кість, т	На прихід				
		Маса, т	Плечі, м		Моменти, тм	
			x	z	M_x	M_z
1	2	3	4	5	6	7
Моторне паливо 0,90 т/м ³						
NO.1 F.O.T. P	423,2	0	11,42	4,12	0	0
NO.1 F.O.T. S	430,4	0	11,26	4,12	0	0
NO.1 F.O.T. CP	300,9	0	11,13	1,3	0	0
NO.1 F.O.T. CS	364,4	0	11,19	1,28	0	0
NO.2 F.O.T. P	507,3	0	-39,89	4,3	0	0
NO.2 F.O.T. S	486,3	0	-39,89	4,28	0	0
F.O. SERV. T.	28,4	27,8	-82,63	11,16	-2297	310
F.O. SETT. T.	35,3	16,7	-80,06	11,24	-1337	188
ВСЬОГО МОТОРНОГО ПАЛИВА		44,5	-81,67	11,19	-3634	498
Дизельне паливо 0,86 т/м ³						
DIESEL O.T. P	97,4	0	-59,37	6,81	0	0
DIESEL O.T. S	95,9	0	-59,43	6,79	0	0
NO.1 D.O. SERV.T.	14,6	1,1	-79,81	12,62	-88	14
NO.2 D.O. SERV T.	14,6	14,3	-82,44	12,62	-1179	180
ВСЬОГО ДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВА		15,4	-82,25	12,62	-1267	194
Мастило 0,92 т/м ³						
L.O. PURIF. T.	6,3	0	-82,63	9,5	0	0
L.O. SETT. T.	8,4	0	-80	9,5	0	0
M/E L.O. RESERV.T.	34,5	1,8	-76,62	10,03	-138	18
NO.1 L.O. STOR. T.	13,9	0	-56,38	11,61	0	0
NO.2 L.O. STOR. T.	13,9	0	-56,38	11,61	0	0
NO.1 CYL. O. STOR. T.	29,6	0,2	-56,75	11,61	-11	2
NO.2 CYL. O. STOR. T.	29,6	0	-56,75	11,6	0	0
G/E L.O. STOR. T.	7,9	0	-83,75	12,97	0	0
G/E L.O. SETT. T.	3,5	0,2	-83,75	12,57	-17	3
ВСЬОГО МАСТИЛА		2,2	-75,46	10,40	-166	23
Прісна вода 1,00 т/м ³						
FRESH W.T.	202,4	9,8	-81,43	11,85	-798	116
DRINK W.T.	202,4	0	-81,43	11,85	0	0
ВСЬОГО ВОДИ		9,8	-81,43	11,85	-798	116
ВСЬОГО ЗАПАСІВ		71,9	-81,569	11,562	-5865	831

Таблиця 4.3 – Розподіл вантажів по приміщеннях

Назва приміщення	Палуба	Маса, т	Плечі, м		Моменти, тм	
			x	z	M_x	M_z
1	2	3	4	5	6	7
Трюм № 1	Палуба 10	157,2	68,73	28,19	10804	4431
	Палуба 9	158	70,78	25,79	11183	4075
	Палуба 8	128,4	71,57	23,17	9190	2975
	Палуба 7	127,4	70,71	20,47	9008	2608
	Палуба 6	146,7	60,42	17,44	8864	2558
	Палуба 5	113,9	63,3	14,31	7210	1630
	Палуба 4	140,3	61,85	11,07	8678	1553
	Палуба 3	115,2	58,15	8,47	6699	976
Трюм № 2	Палуба 10	157,2	22,89	28,19	3598	4431
	Палуба 9	126,8	22,08	25,79	2800	3270
	Палуба 8	127,3	23,35	23,17	2972	2950
	Палуба 7	129,6	23,04	20,47	2986	2653
	Палуба 6	118,1	23,04	17,44	2721	2060
	Палуба 5	203,6	23,18	14,31	4719	2914
	Палуба 4	152,5	23,6	11,07	3599	1688
	Палуба 3	136,6	22,18	8,47	3030	1157
	Палуба 2	157,2	21,53	6,07	3385	954
	Палуба 1	138,1	21,95	3,67	3031	507
Трюм № 3	Палуба 11	139,9	-27,45	30,59	-3840	4280
	Палуба 10	123,9	-27,45	28,19	-3401	3493
	Палуба 9	125,7	-27,18	25,79	-3417	3242
	Палуба 8	160,2	-27,36	23,17	-4383	3712
	Палуба 7	133,4	-27,05	20,47	-3608	2731
	Палуба 6	118	-27,08	17,44	-3195	2058
	Палуба 5	180,6	-25,75	14,31	-4650	2584
	Палуба 4	178	-27,34	11,07	-4867	1970
	Палуба 3	175	-27,14	8,47	-4750	1482
	Палуба 2	205,8	-26,81	6,07	-5517	1249
	Палуба 1	196,3	-26,51	3,67	-5204	720
Трюм № 4	Палуба 11	127,1	-76,56	30,59	-9731	3888
	Палуба 10	127,2	-76,54	28,19	-9736	3586
	Палуба 9	158	-76,49	25,79	-12085	4075
	Палуба 8	160,1	-76,55	23,17	-12256	3710
	Палуба 7	149,6	-69,66	20,47	-10421	3062
	Палуба 6	146,7	-76,43	17,44	-11212	2558
	Палуба 5	124,5	-76,28	14,31	-9497	1782
ВСЬОГО ВАНТАЖУ:		5264,1	-3,285	17,775	-17294	93572

CARGO PLAN

SHIP'S NAME: M.V. " VIKING EMERALD "
PORT: Incheon

DATE: 1-Jul-2025
VOY: 027-A

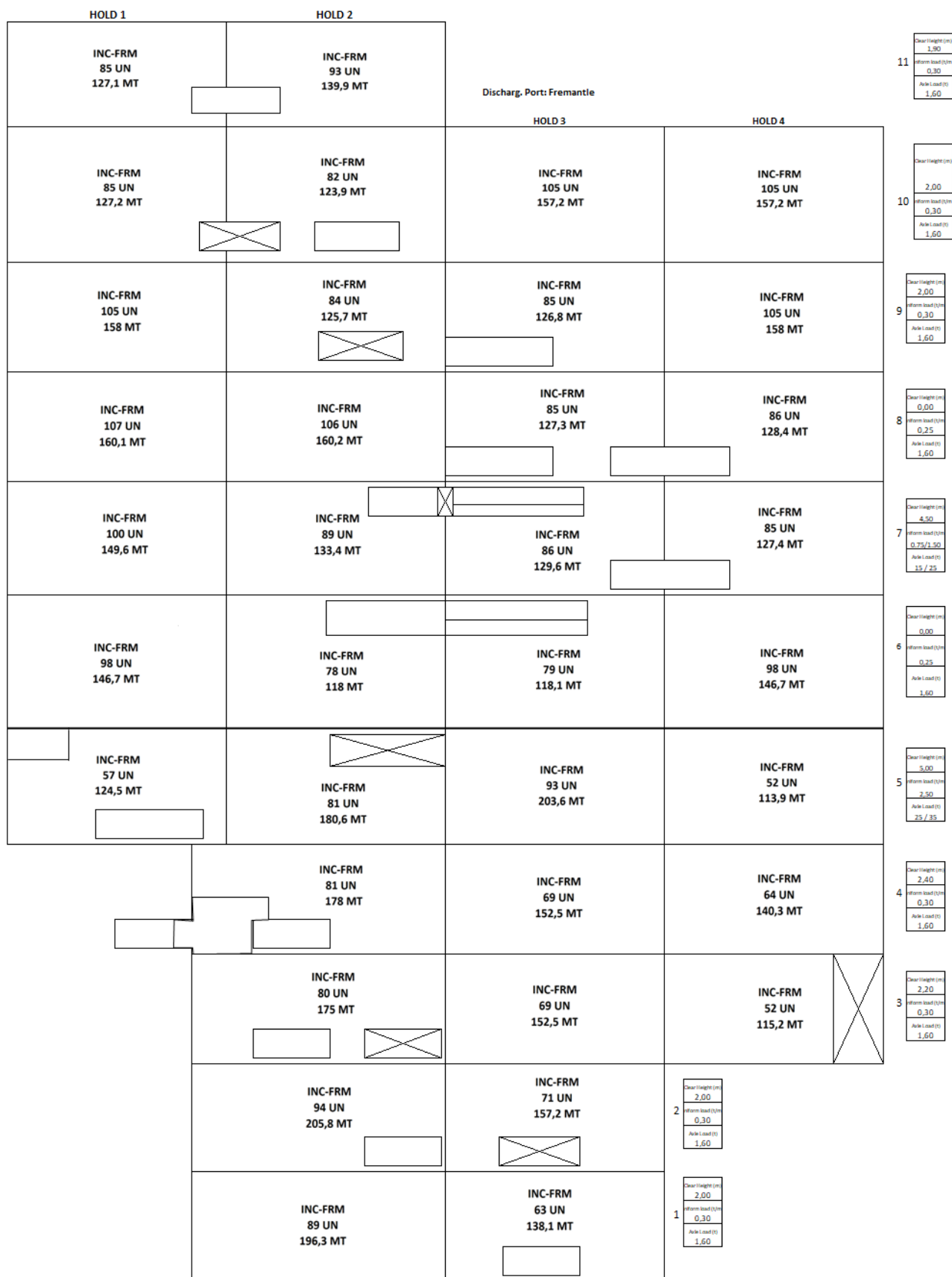


Рисунок 4.1 – Вантажний план судна

Таблиця 4.4 – Розподіл баласту

Найменування цистерн	Міст- кість, т	Маса, т	Плечі, м		Моменти, тм	
			x	z	M_x	M_z
A.P.T	76,8	76,8	-69,920	2,69	-5370	207
NO.1 W.B.T. P	507,1	0,0	-27,690	1,59	0	0
NO.1 W.B.T.S	507,1	0,0	-27,690	1,59	0	0
NO.2 W.B.T. P	424,5	424,5	-6,010	1,45	-2551	616
NO.2 W.B.T.S	424,5	424,5	-6,010	1,45	-2551	616
NO.3 W.B.T. P	615,5	615,5	17,470	1,57	10753	966
NO.4 W.B.T. S	242,2	242,2	38,260	1,86	9267	450
NO.5 W.B.T. P	143,7	143,7	53,020	1,61	7619	231
NO.5 W.B.T. S	369,0	369,0	52,940	3,50	19535	1292
F.P.T	369,6	369,6	75,110	4,40	27761	1626
УСЬОГО БАЛАСТУ:		2665,8	24,181	2,252	64462	6004

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

Розрахунок водотоннажності на відхід і прихід представлено у таблицях 4.5 – 4.6 відповідно.

Таблиця 4.5 – Зведені дані і розрахунок водотоннажності на відхід

Найменування статей навантаження	На відхід				
	Маса, т	Плечі, м		Моменти, тм	
		x	z	M_x	M_z
Судно порожнем	12783,1	-7,361	14,360	-94096	183565
Константа	121,7	-13,115	27,890	-1596	3394
Суднові запаси	562,7	-18,133	6,514	-10204	3666
Баласт	2665,8	24,181	2,252	64462	6004
Вантаж	5264,1	-3,285	17,775	-17294	93572
ВСЬОГО ВОДОТОННАЖНІСТЬ	21397,4	-2,745	13,562	-58729	290201

Таблиця 4.6 – Зведені дані і розрахунок водотоннажності на прихід

Найменування статей навантаження	На прихід				
	Маса, т	Плечі, м		Моменти, тм	
		x	z	M_x	M_z
Судно порожнем	12783,1	-7,361	14,360	-94096	183565
Константа	121,7	-13,115	27,890	-1596	3394
Суднові запаси	71,9	-81,569	11,562	-5865	831
Баласт	2665,8	24,181	2,252	64462	6004
Вантаж	5264,1	-3,285	17,775	-17294	93572
ВСЬОГО ВОДОТОННАЖНІСТЬ	20906,6	-2,602	13,745	-54389	287366

4.2 Розрахунки посадки і початкової остійності

Розрахунок посадки судна на відхід і прихід виконано за вантажною шкалою та гідростатичними кривими судна (табл. 4.7).

Виконаний розрахунок засвідчує, що осадка судна не перевищує допустиму вантажною маркою та обмежену умовами порту й плавання. Диферент судна забезпечує достатнє занурення гребного гвинта та відповідає нормам безпеки.

Для виконання розрахунків і контролю остійності судна необхідно визначити виправлення на вплив вільної поверхні рідких вантажів (запасів і баласту) до метацентричної висоти й плечей статичної остійності.

Поправки на вплив вільної поверхні рідких вантажів представлені у табл. 4.8.

Розрахунок параметрів початкової остійності виконано у табл. 4.9.

Таблиця 4.7 – Розрахунки посадки судна на відхід і на прихід

Найменування величин	Позначення і формули	Значення величин	
		відхід	прихід
Водотоннажність масова, т	D	21397,4	20906,6
Абсциса центра ваги судна, м	x_g	-2,745	-2,602
Густина води, т/м ³	ρ_u	1,023	1,025
Водотоннажність об'ємна, м ³	$V = D / \rho_u$	20916,4	20396,7
Осадка судна, м	T (з вантажної шкали)	7,63	7,49
Момент диферентуючий на 1 см, тм/см	M_{cm} (з вантажної шкали)	382,7	374,8
Абсциса центра плавучості судна, м	x_c (з гідростатичних кривих)	-2,626	-2,522
Абсциса Ц.В. площі ватерлінії, м	x_f (з гідростатичних кривих)	-6,629	-6,273
Апліката поперечного метacentра, м	z_m (з гідростатичних кривих)	14,649	14,716
Коефіцієнт загальної повноти	δ (з гідростатичних кривих)	0,617	0,612
Диферент судна, м	$d = D (x_g - x_c) / (100 M_{cm})$	-0,07	-0,04
Осадка судна носом, м	$T_n = T + (L/2 - x_f) d/L$	7,59	7,47
Осадка судна кормою, м	$T_k = T_n - d$	7,66	7,51

Таблиця 4.8 – Поправки на вплив вільної поверхні рідких вантажів

Найменування цистерн	Δm_h , тм
NO.1 F.O.T. P	322
NO.1 F.O.T. S	314
F.O. SERV. T.	22
NO.1 D.O. SERV.T.	12
FRESH W.T.	226
DRINK W.T.	226
Сума: $\Sigma \Delta m_h$	1122

Таблиця 4.9 – Розрахунок параметрів початкової остійності

Найменування величин	Позначення і формули	Значення величин	
		Відхід	Прихід
Водотоннажність масова, т	D	21397,4	20906,6
Невиправлена апліката центра ваги судна, м	z_{g0}	13,56	13,75
Апліката поперечного метацентра, м	z_m	14,65	14,72
Невиправлена метацентрична висота, м	$h_0 = z_m - z_{g0}$	1,09	0,97
Виправлення на вільні поверхні, м	$\Delta h = \Sigma \Delta m_h / D$	0,05	0,05
Виправлена апліката центра ваги судна, м	$z_g = z_{g0} + \Delta h$	13,61	13,80
Виправлена метацентрична висота, м	$h = h_0 - \Delta h$	1,03	0,92

4.3 Контроль остійності за матеріалами Інформації

Перевірку остійності за матеріалами Інформації виконаємо по критичній аплікаті центра ваги судна. Результати наведено у табл. 4.10.

Таблиця 4.10 – Перевірка остійності по критичній аплікаті центра ваги судна

Найменування величин	Позначення	Значення величин	
		Відхід	Прихід
Водотоннажність масова, т	D	21397,4	20906,6
Виправлена апліката центра ваги судна, м	z_g	13,61	13,80
Максимальна гранична апліката центра ваги судна, м	z_g^{max}	14,34	14,38

Так як $z_g \leq z_g^{max}$, то вимоги до остійності за матеріалами Інформації виконані.

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 за осадкою для тих кутів крену, які приведені в таблиці. Ці плечі відлічуються від точки K , що відповідає кільовій лінії, і плечі остійності ваги розраховуються за формулою:

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

а плечі статичної остійності будуть рівні:

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

Виконаємо розрахунок плечей діаграми статичної остійності в табличній формі. У таблиці також представлений розрахунок площ під діаграмою статичної остійності до 30° , до 40° і від 30° до 40° з використанням коефіцієнтів Сімпсона.

Результати розрахунку плечей статичної остійності на відхід представлені у табл. 4.11, на прихід – у табл. 4.12.

За результатами розрахунків побудовано діаграми статичної остійності на відхід (рис. 4.2) і на прихід (рис. 4.3), за якими визначено критерій погоди.

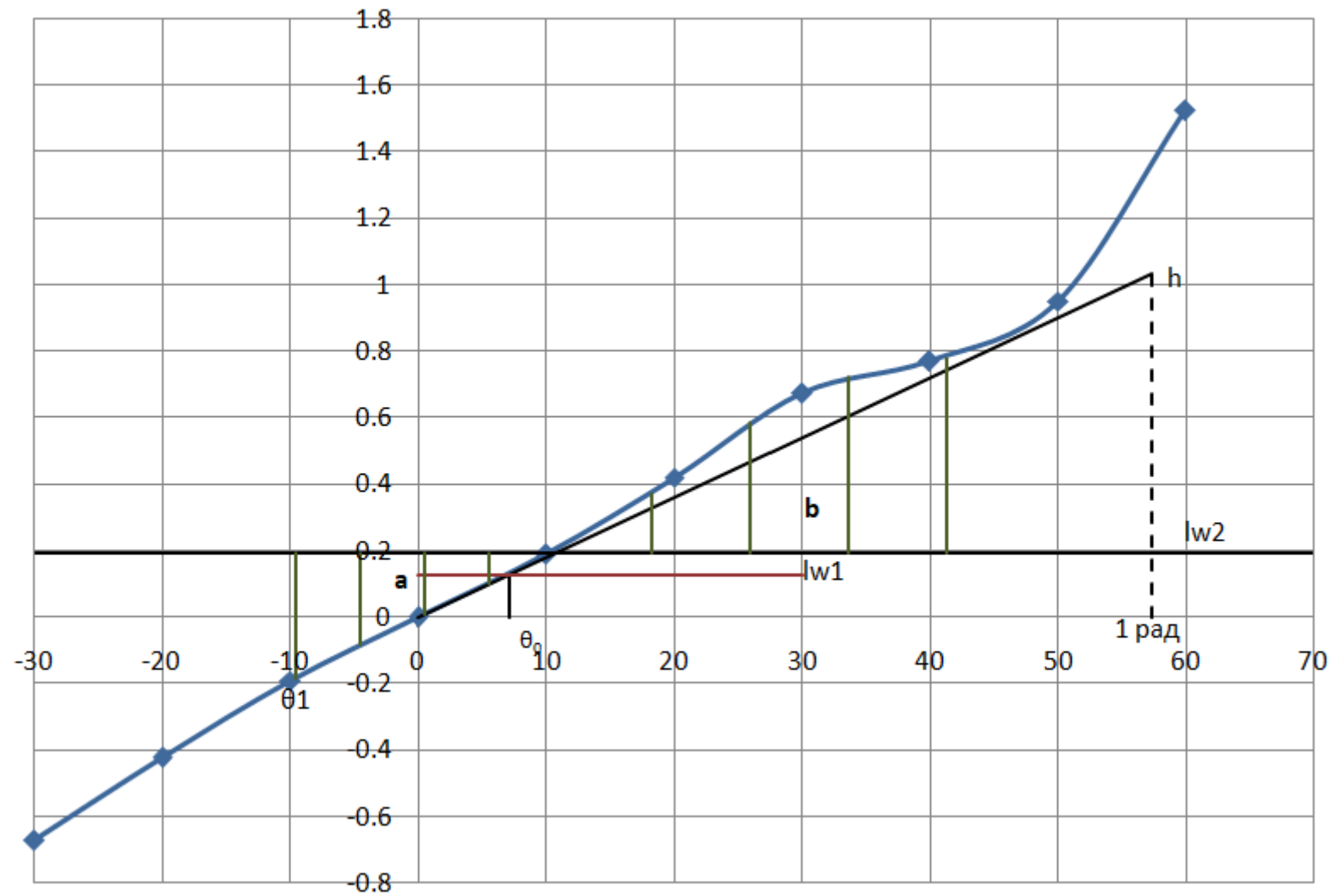


Рис 4.2 – Діаграма статичної остійності на відхід і визначення критерію погоди

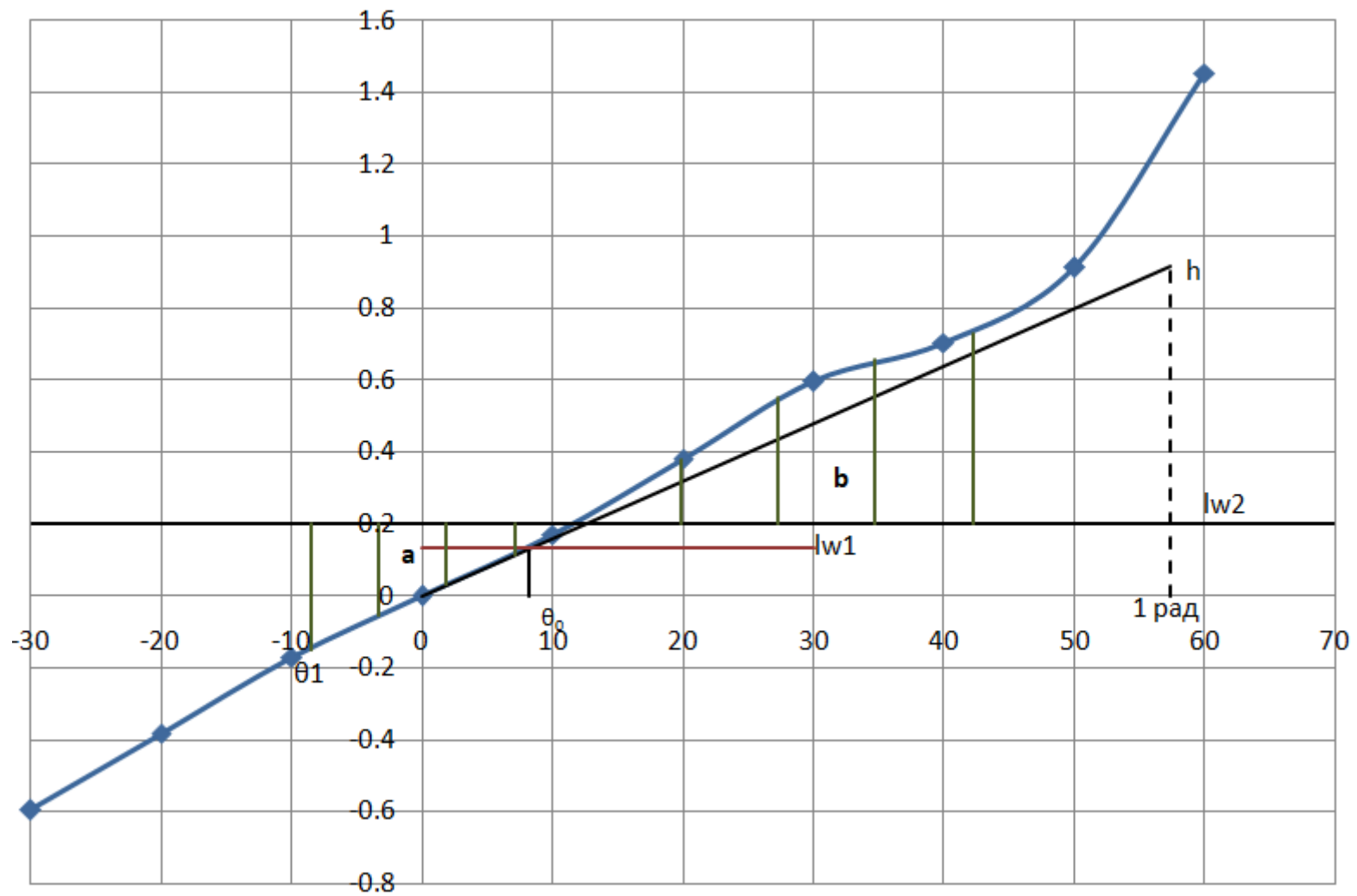


Рис 4.3 – Діаграма статичної остійності на прихід і визначення критерію погоди

4.5 Розрахунки нормованих параметрів остійності

Рекомендовані критерії остійності неушкоджених суден Міжнародною Морською Організацією (ІМО) містяться в Adoption of the International Code on Intact Stability, 2008 (2008 IS Code), Resolution MSC.267(85) [31]. Остійність судна вважається достатньою, якщо задовольняються (з урахуванням можливого зледеніння) загальні для всіх суден вимоги до критерія погоди, кута крену від дії постійного вітру й діаграми статичної остійності (ДСО), а також додаткові вимоги для суден окремих типів.

Зведення рекомендацій ІМО до остійності, а також необхідні для виконання розрахунків таблиці Кодексу приведені у наступному підрозділі. Розрахунок нормованих параметрів остійності виконано у табл. 4.13.

Для визначення критерію погоди на діаграмах статичної остійності необхідно побудувати площі “ a ” і “ b ”. Для визначення величини площ “ a ” і “ b ” доцільно використовувати правило Сімпсона. Для цього площі “ a ” і “ b ” діляться на чотири ділянки однакової довжини за кутом крену. Безпосередній розрахунок площ виконується в табличній формі аналогічно розрахунку площі a_{0-40} . При цьому, замість множника 0,1745, потрібно приймати довжини ділянок $\Delta\theta_1$ і $\Delta\theta_2$ у радіанах.

Розрахунок площ для визначення критерію погоди за правилом Сімпсона виконано у табличній формі у табл. 4.14 – 4.15.

Таблиця 4.13 – Розрахунок нормованих параметрів остійності

Найменування величин	Позначення і формули	Значення величин	
		Відхід	Прихід
Водотоннажність масова, т	D	21397,4	20906,6
Осадка судна, м	T	7,63	7,49
Виправлена метацентрична висота, м	h	1,03	0,92
Площа парусності, м ²	A_v	4118,1	4195,0
Апліката центра парусності (ЦП), м	z	9,15	9,03
Плече парусності при постійному вітрі, м	$z_v = z + T/2$	12,965	12,775
Плече кренувального моменту від тиску вітру, м	$l_{w1} = 0,504 A_v z_v / (g D)$	0,128	0,132
Кренувальне плече від пориву вітру, м	$l_{w2} = 1,5 l_{w1}$	0,192	0,198
Відносна площа скулових кілей, %	$100 A_k / (L B)$	0,748	
Коефіцієнт	k	0,985	
Відносна ширина	B/T	3,671	3,740
Безрозмірний множник	X_1	0,788	0,787
Коефіцієнт загальної повноти	δ	0,617	0,612
Безрозмірний множник	X_2	0,957	0,955
Інерційний коефіцієнт	$c = 0,373 + 0,023B/T - 0,043L/100$	0,389	0,390
Період хитамиці, с	$T_\theta = 2 c B / \sqrt{h}$	21,4	22,8
Коефіцієнт	S	0,035	0,035
Коефіцієнт	$r = 0,73 + 0,6 (z_g - T) / T$	1,201	1,235
Амплітуда хитамиці, °	$\theta_r = 109 k X_1 X_2 \sqrt{(rS)}$	16,6	16,7
Кут заливання, °	θ_f	41,3	42,2
Кут входу палуби у воду, °	$\theta_d = \arctg(2(H - T) / B)$	23,6	24,0
Кут крену від постійного вітру, °	θ_0	7,1	8,2
Кут крену при хитамиці назустріч вітру, °	$\theta_1 = \theta_r - \theta_0$	9,5	8,5
Границя площ. “b” діаграми праворуч, °	θ_b	41,3	42,2
Площа “a” діаграми, м-рад	a	0,064	0,061
Площа “b” діаграми, м-рад	b	0,188	0,164
Критерій погоди	$K = b / a$	2,92	2,68

Таблиця 4.14 – Визначення площ “a” і “b” на відхід за правилом Сімпсона

$\Delta\theta_1 = (\theta_1 + 1,5\theta_0)/4 = 5,04^\circ$			$\Delta\theta_1^{pad} = 5,04^\circ/57,3 = 0,0879$ рад		
$\Delta\theta_2 = (\theta_b - 1,5\theta_0)/4 = 7,66^\circ$			$\Delta\theta_2^{pad} = 7,66^\circ/57,3 = 0,1337$ рад		
a_i	k_i	$a_i \cdot k_i$	b_i	k_i	$b_i \cdot k_i$
$a_1 = 0,375$	1	0,375	$b_1 = 0$	1	0
$a_2 = 0,273$	4	1,091	$b_2 = 0,180$	4	0,720
$a_3 = 0,182$	2	0,364	$b_3 = 0,395$	2	0,790
$a_4 = 0,091$	4	0,364	$b_4 = 0,530$	4	2,119
$a_5 = 0$	1	0,000	$b_5 = 0,586$	1	0,586
		$\Sigma_a = 2,194$			$\Sigma_b = 4,215$
$a = 1/3 \cdot \Sigma_a \cdot \Delta\theta_1^{pad} = 1/3 \cdot 2,194 \cdot 0,0879 = 0,064$			$b = 1/3 \cdot \Sigma_b \cdot \Delta\theta_2^{pad} = 1/3 \cdot 4,215 \cdot 0,1337 = 0,188$		

Таблиця 4.15 – Визначення площ “a” і “b” на прихід за правилом Сімпсона

$\Delta\theta_1 = (\theta_1 + 1,5\theta_0)/4 = 5,22^\circ$			$\Delta\theta_1^{pad} = 5,22^\circ/57,3 = 0,0911$ рад		
$\Delta\theta_2 = (\theta_b - 1,5\theta_0)/4 = 7,46^\circ$			$\Delta\theta_2^{pad} = 7,46^\circ/57,3 = 0,1303$ рад		
a_i	k_i	$a_i \cdot k_i$	b_i	k_i	$b_i \cdot k_i$
$a_1 = 0,348$	1	0,348	$b_1 = 0$	1	0
$a_2 = 0,251$	4	1,004	$b_2 = 0,180$	4	0,720
$a_3 = 0,167$	2	0,334	$b_3 = 0,352$	2	0,704
$a_4 = 0,084$	4	0,334	$b_4 = 0,458$	4	1,832
$a_5 = 0$	1	0,000	$b_5 = 0,530$	1	0,530
		$\Sigma_a = 2,020$			$\Sigma_b = 3,486$
$a = 1/3 \cdot \Sigma_a \cdot \Delta\theta_1^{pad} = 1/3 \cdot 2,020 \cdot 0,0911 = 0,061$			$b = 1/3 \cdot \Sigma_b \cdot \Delta\theta_2^{pad} = 1/3 \cdot 3,486 \cdot 0,1303 = 0,164$		

4.6 Перевірка виконання рекомендованих ІМО критеріїв остійності

Перевірка виконання рекомендацій ІМО з остійності морських транспортних суден [31] виконана у табл.4.16.

Таблиця 4.16 – Перевірка виконання рекомендацій ІМО

Найменування величин	Позна- чення	Значення величин			Викон. (YES/NO)
		норма- тивні	відхід	прихід	
Загальні критерії:					
Площа під ДСО до кута крену 30 ⁰ , м·рад	A ₃₀	≥ 0,055	0,164	0,148	YES
Площа під ДСО до кута крену 40 ⁰ , м·рад	A ₄₀	≥ 0,09	0,294	0,264	YES
Площа під ДСО між 30 ° і 40 °, м рад	A ₃₀₋₄₀	≥ 0,03	0,130	0,116	YES
Плече ДСО при куті крену 30° або більше, м	l ₃₀	≥ 0,20	0,672	0,597	YES
Кут крену, що відповідає максимуму ДСО, °	θ _m	≥ 25	70	70	YES
Виправлена метацентрична висота, м	h	> 0,15	1,03	0,92	YES
Критерій погоди	K	≥ 1	2,92	2,68	YES
Кут крену від постійного вітру, °	θ ₀	<16	7,1	8,2	YES

Як видно з результатів розрахунку, остійність судна в обох випадках повністю задовольняє вимогам ІМО.

4.7 Контроль загальної поздовжньої міцності судна

Для перевірки поздовжньої міцності достатньо виконання розрахунків на відхід судна. Для розрахування міцності судна використовувалась програма MACS3 (версія NET 1.2). Виробник – Navis Kalmar Germany GmbH. Програма була перевірена класифікаційним товариством DNV GL та визнана гідною для розрахунку поздовжньої міцності корпусу судна.

Результати розрахунку і перевірки загальної поздовжньої міцності судна наведено в табл. 4.17. Епюри перерізуючих сил та згинальних моментів наведено на рис. 4.4.

Таблиця 4.17 – Перевірка поздовжньої міцності на відхід

№ перерізу	x, м	Перерізуюча сила $N_{пер}$, т			Згинальний момент $M_{зг}$, т·м		
		розра- хунок	допуст.в рейсі	%	розра- хунок	допуст.в рейсі	%
11	14,32	1323,1	3600	37	5450	28560	19
36	46,87	2349,6	3600	65	71840	130120	55
75	97,64	-219,2	-3600	6	124600	195100	64
98	127,58	-2189	-3600	61	77650	106470	73
109	141,91	-1945,5	-3600	54	25200	43510	58
118	153,62	-1372,4	-3600	38	6550	18690	35

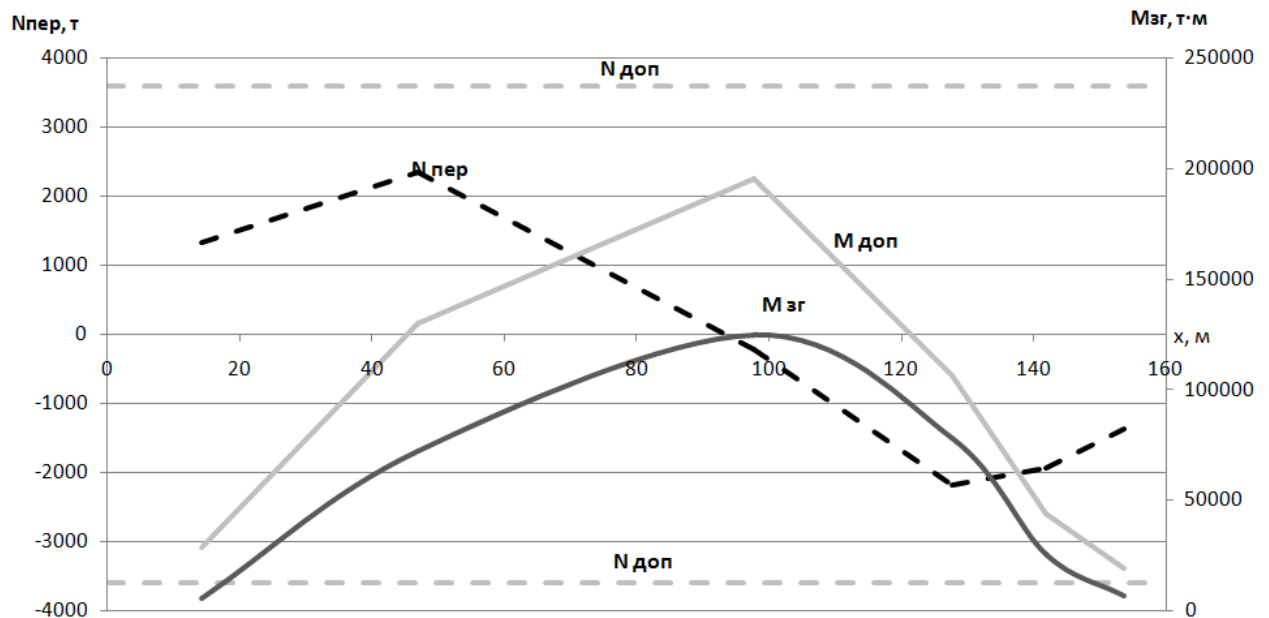


Рисунок 4.4 – Перевірка загальної міцності корпусу судна на відхід

За результатами проведеної перевірки встановлено, що поздовжня міцність корпусу судна відповідає вимогам безпеки. Розраховані значення перерізуючих сил та згинальних моментів у всіх контрольних точках не перевищують допустимих величин, визначених нормативною документацією.

4.8 Висновки

В ході розрахунку у даному розділі отримано наступні дані:

- диферент (d): $-0,07$ м на відхід та $-0,04$ м на прихід;
- виправлена МЦВ (h): $1,03$ м на відхід та $0,92$ м на прихід;
- критерій погоди (K): $2,92$ на відхід та $2,68$ на прихід;
- максимальна перерізуюча сила ($N_{пер}$) становить 65% від допустимої;
- максимальний згинальний момент ($M_{зг}$) становить 73% від допустимого.

Проаналізувавши отримані розрахунки для забезпечення нормованих морехідних якостей судна для даного переходу можна зробити наступні висновки:

- виконане розміщення суднових запасів та складений вантажний план судна є задовільним з точки зору забезпечення вимог до посадки судна;
 - початкова остійність судна забезпечується з моменту відходу з порту і до моменту приходу;
 - усі вимоги до остійності, як з боку класифікаційного товариства, закріплених в Інформації про остійність судна, так і з боку ІМО згідно із Adoption of the International Code on Intact Stability, 2008 (2008 IS Code), Resolution MSC.267(85) [31], виконані;
 - загальна поздовжня міцність корпусу судна на перехід є забезпеченою;
- Отже, вантажний план судна з точки зору забезпечення його морехідних якостей є прийнятним та може бути затверджений як виконавчий.

РОЗДІЛ 5

ДОСЛІДНИЦЬКА ЧАСТИНА РОБОТИ

ОСОБЛИВОСТІ СИСТЕМ ВИЯВЛЕННЯ ТА ГАСІННЯ ПОЖЕЖ НА RO-RO СУДНАХ ПРИ ПЕРЕВЕЗЕННІ СУЧАСНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

5.1 Теоретичні основи протипожежного захисту Ro-Ro суден при перевезенні сучасних транспортних засобів

5.1.1 Історія розвитку Ro-Ro суден та еволюція систем пожежної безпеки

Судна типу Ro-Ro (roll-on/roll-off) з моменту своєї появи стали одним із ключових інструментів розвитку масових автомобільних перевезень морем. Перші зразки таких суден з'явилися ще у 1950–1960-х роках і були призначені передусім для перевезення вантажного автотранспорту, здійснюючи міжнародні перевезення між європейськими портами. З початком автомобільної глобалізації у 1970–1980-х роках, коли виробництво машин стало масовим і географічно розподіленим, виникла потреба у спеціалізованих автомобілевозах (РСТС – Pure Car and Truck Carrier), здатних транспортувати тисячі одиниць техніки за один рейс. Саме в цей період Ro-Ro судна перетворилися з універсальних транспортних платформ у складні спеціалізовані судна з багаторівневими вантажними палубами, розвиненою системою внутрішніх апарелей та високими вимогами до забезпечення безпеки.

Відмінною ознакою цих суден є специфічна внутрішня компоновка, що забезпечує горизонтальний спосіб переміщення вантажу: доступ між палубами здійснюється через систему внутрішніх похилих апарелей або спеціальні ліфтові платформи. На відміну від традиційних суховантажних суден, у вантажній частині Ro-Ro суден відсутні повноцінні поперечні переборки, що

створює великі за об'ємом безперервні простори. Така будова дозволяє здійснювати завантаження та розміщення техніки без використання вантажопідіймальних засобів, що значно скорочує операційний час і робить цей тип флоту економічно привабливим. Сучасні Ro-Ro судна можуть мати як одну, так і значну кількість вантажних палуб; на спеціалізованих автомобілевозах їх число зазвичай сягає 11-13. Приклад вигляду сучасного Ro-Ro судна приведено на рис. 5.1.

Такі судна часто мають довжину понад 250 м і здатні перевозити до шести тисяч одиниць автомобільної техніки за один рейс. Конструкція також характеризується значною вантажомісткістю та високим надводним бортом, що визначає їхню остійність та впливає на особливості забезпечення пожежної безпеки [36].



Рисунок 5.1 – Зовнішній вигляд сучасного Ro-Ro судна

Проте одночасно саме ці конструкційні рішення створюють специфічні пожежні ризики: відкриті простори сприяють швидкому поширенню диму й гарячих продуктів горіння, а відсутність ізольованих відсіків ускладнює локалізацію вогню, особливо на початкових стадіях.

Перші Ro-Ro судна були оснащені відносно простими системами протипожежного захисту – переважно стаціонарними системами дренчерного зрошення та елементарними пожежними сповіщувачами. Зі збільшенням

тоннажу автомобілевозів та інтенсивності перевезень кількість пожеж у вантажних приміщеннях почала зростати, що привернуло увагу як державних адміністрацій, так і міжнародних органів морської безпеки. У 1980–1990-х роках стала очевидною потреба у формуванні системного підходу до пожежної безпеки Ro-Ro суден. Це відобразилося у доопрацюванні положень Конвенції SOLAS [2], де розділ II-2 був доповнений вимогами, спрямованими безпосередньо на обмеження розвитку пожежі у вантажних приміщеннях із колісною технікою.

Запровадження Кодексу FSS (Fire Safety Systems Code) [37] стало наступним етапом еволюції вимог: було стандартизовано типи систем пожежної сигналізації, критерії проектування дренчерних установок, параметри водяного туману та характеристики газових систем гасіння. На цьому етапі міжнародна спільнота почала визнавати, що великі площі автопалуб потребують не лише надійного виявлення, а й механізмів обмеження поширення вогню до прибуття екіпажу на місце події. Відповідно було сформовано вимоги до кількості пожежних постів, доступності пожежних рукавів, інтенсивності вентиляції та засобів зв'язку в вантажних приміщеннях.

Однак із розвитком автомобільної промисловості та появою сучасних транспортних засобів із складними енергосистемами традиційні системи пожежної безпеки виявилися недостатніми. На Ro-Ro судах почали перевозити значні партії електромобілів, гібридних авто, техніки на LNG і водні, що призвело до зміни характеру пожежних ризиків. Особливості поведінки літій-іонних батарей у випадку термічного розгону, можливість виділення токсичних газів та високі теплові навантаження поставили під сумнів ефективність частини вимог, що були розроблені ще в епоху домінування автомобілів із двигунами внутрішнього згоряння [38].

Сьогодні Ro-Ro та автомобілевозні судна вважаються одними з найскладніших для забезпечення пожежної безпеки. Це зумовлено поєднанням таких факторів, як велика площа вантажних палуб, щільне розміщення техніки, значна кількість джерел потенційного займання, складність доступу для

екіпажу, а також висока швидкість поширення вогню та диму. Відомі аварії останніх років підтвердили недостатність традиційного підходу та потребу в перегляді існуючих систем виявлення, гасіння та тактичних заходів боротьби з пожежами [37, 38].

На цьому фоні модернізація протипожежного устаткування, адаптація міжнародних вимог і перегляд операційних процедур на Ro-Ro суднах набуває особливої актуальності. Еволюція конструкцій і зміна типів вантажу визначають нову фазу розвитку систем пожежної безпеки, яка потребує комплексного переосмислення як технічних рішень, так і нормативної бази.

5.1.2 Сучасні транспортні засоби як новий фактор пожежного ризику

Починаючи з другої половини 2010-х років, світовий Ro-Ro флот зіткнувся з новою тенденцією – інтенсивним зростанням частки транспортних засобів, оснащених тяговими акумуляторами або альтернативними силовими установками. До категорії сучасних транспортних засобів, що перевозяться на Ro-Ro суднах, відносять:

- електромобілі (EV) з літій-іонними батареями;
- гібридні транспортні засоби (PHEV);
- автомобілі, що використовують LNG, CNG або LPG;
- водневі паливні елементи (FCEV).

Пожежі за участю таких транспортних засобів мають низку особливостей, які радикально відрізняють їх від пожеж автомобілів із двигунами внутрішнього згоряння. Найважливішими аспектами є:

- термічний розгін (thermal runaway), що супроводжується стрімким підвищенням температури та газовиділенням (рис. 5.2);
- утворення вибухонебезпечних газових сумішей, зокрема водню, оксидів вуглецю та летких органічних сполук;
- висока температура горіння акумуляторних батарей та стійкість до гасіння традиційними засобами;

- ризик повторного займання через тривале тепловиділення всередині батарейних модулів;
- складність раннього виявлення, оскільки початкові стадії деградації батареї майже не супроводжуються візуальними ознаками [38-40].

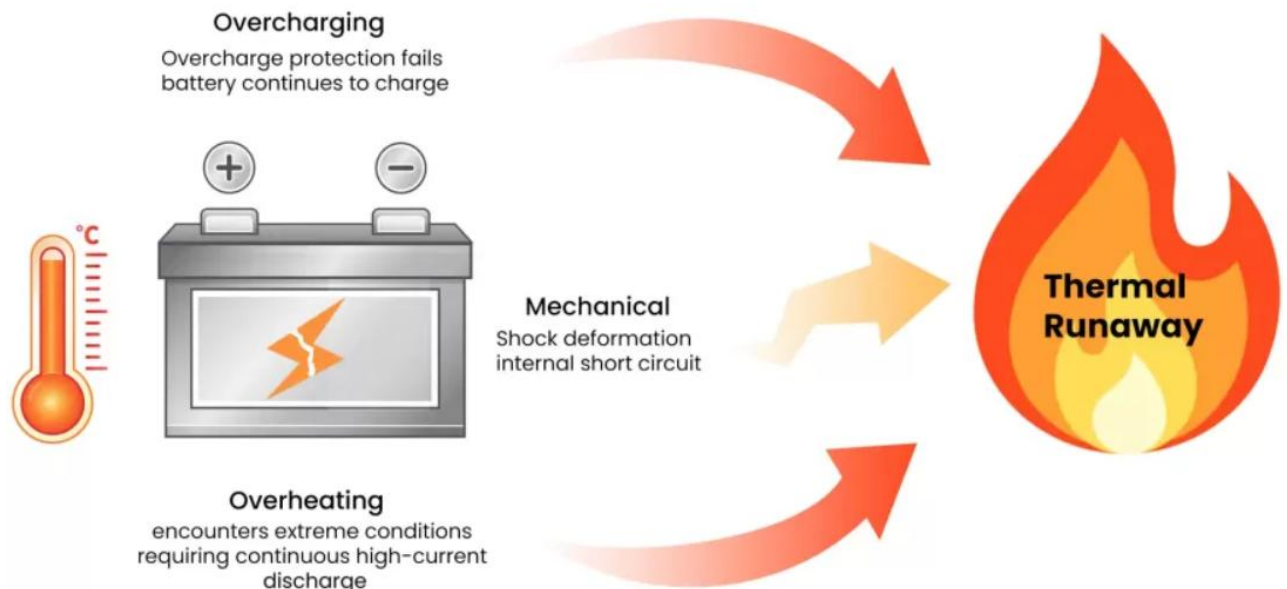


Рисунок 5.2 – Термічний розгін літій-іонного акумулятора

Ці особливості створюють нові вимоги до суднових систем пожежної безпеки: більш чутливі та комбіновані системи виявлення, локальне охолодження, збільшені можливості вентиляції, а також адаптовані тактичні дії екіпажу при гасінні.

5.1.3 Класифікація та структурні елементи систем виявлення і гасіння пожеж у вантажних приміщеннях Ro-Ro суден

Системи протипожежного захисту у вантажних приміщеннях Ro-Ro суден традиційно розглядають як комплекс взаємопов'язаних технічних засобів, який забезпечує послідовно: раннє виявлення ознак пожежі, передачу сигналу тривоги, локалізацію та гасіння вогню, а також забезпечення умов для дій екіпажу. Такий комплекс включає системи виявлення пожежі, системи

оповіщення, фіксовані установки пожежогасіння, засоби внутрішнього пожежогасіння (пожежні крани, рукави, стволи), системи вентиляції та димовидалення, а також конструктивні елементи, що обмежують поширення полум'я та диму.

Загалом системи протипожежного захисту у вантажних приміщеннях Ro-Ro суден можна класифікувати:

- за функціональним призначенням – системи виявлення, системи оповіщення, системи гасіння, системи димовидалення та вентиляції, системи дистанційного керування протипожежними засобами;
- за видом вогнегасної речовини – водяні (дренчерні, водяний туман), газові (CO_2 , інші інертні гази), пінні, аерозольні системи;
- за ступенем автоматизації – повністю автоматичні установки (з автоматичним пуском), установки з дистанційним ручним пуском, локальні установки із ручним керуванням;
- за зоною дії – установки загального зрошення (вся палуба), секційні системи (окремі зони/палуби), локальні системи (окремі машино-місця або групи автомобілів).

Основою систем виявлення пожежі є мережа пожежних сповіщувачів, об'єднаних у шлейфи, що підключені до центральної панелі пожежної сигналізації (рис. 5.3). У вантажних приміщеннях Ro-Ro суден застосовують:

- димові сповіщувачі – чутливі до появи диму на ранніх стадіях горіння;
- теплові сповіщувачі – реагують на підвищення температури або її приріст у часі;
- лінійні теплові кабелі – для контролю протяжних ділянок (апарелі, довгі палуби);
- аспіраційні системи виявлення диму – із забором повітря з різних точок простору;
- газодетектори – для контролю концентрацій вибухонебезпечних газів та парів (водень, LPG, CNG тощо);

– тепловізійні та інфрачервоні системи моніторингу – для дистанційного контролю температурних аномалій серед скупчень транспортних засобів.

Структурно система виявлення включає: первинні датчики, з'єднувальні лінії (шлейфи), центральну панель пожежної сигналізації (з відображенням зон, журналом тривоги і несправностей), засоби передачі сигналів на місток, у центральний пост керування та до приміщень чергової вахти. Важливим елементом є розбиття вантажних приміщень на окремі зони виявлення, що дозволяє екіпажу швидко локалізувати місце ймовірного осередку пожежі [41].

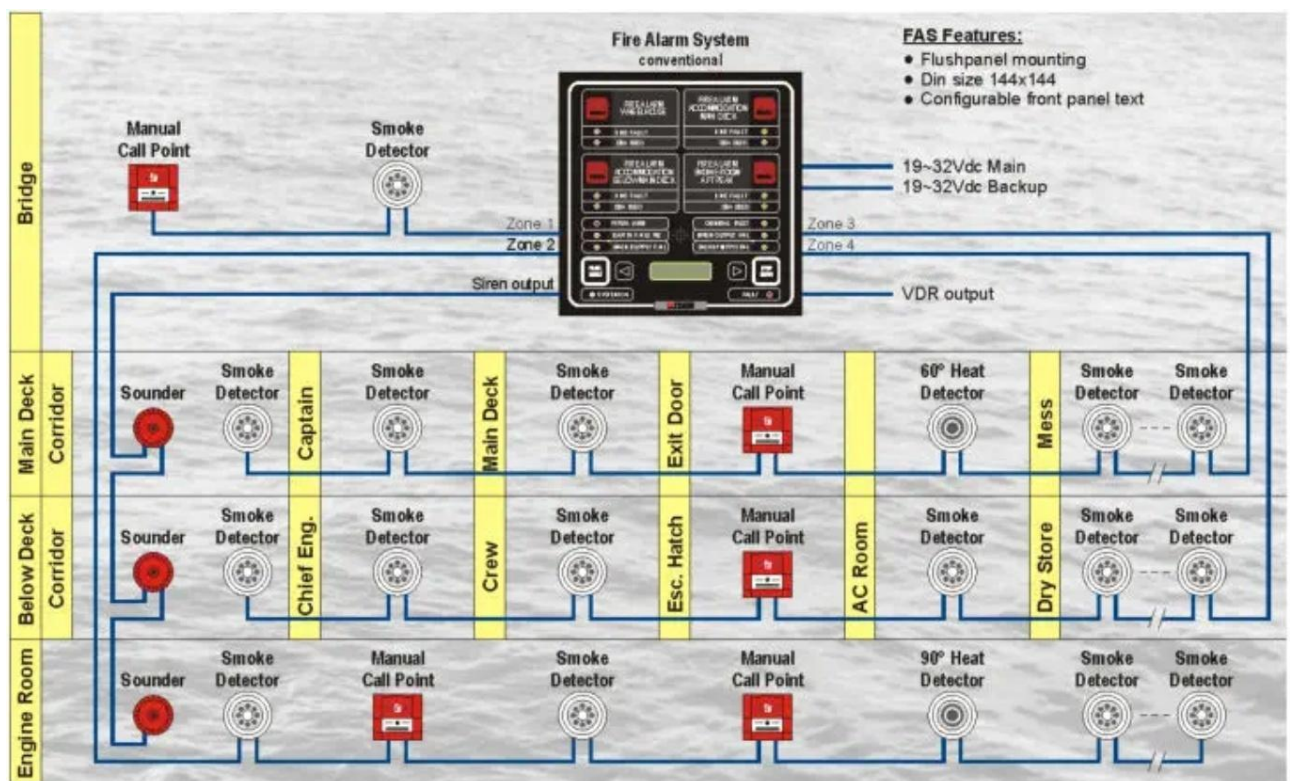


Рисунок 5.3 – Система пожежної сигналізації

Системи гасіння у вантажних приміщеннях Ro-Ro суден зазвичай представлені комбінацією фіксованих установок та засобів ручного гасіння. До фіксованих відносяться:

– дренчерні системи водяного зрошення, що забезпечують рівномірну подачу води на велику площу палуби;

- системи водяного туману, які завдяки дрібнодисперсній структурі струменя ефективно відбирають тепло й знижують концентрацію продуктів горіння;
- газові установки (переважно CO₂), призначені для об'ємного гасіння в закритих приміщеннях;
- локальні стаціонарні установки на окремих ділянках, де очікується підвищений рівень ризику.

Ручні засоби гасіння включають пожежні крани із системою пожежної магістралі, рукави, стволи, а також вогнегасники різних типів, розміщені вздовж маршрутів доступу екіпажу. Системи гасіння конструктивно пов'язані з системами вентиляції та закриття отворів: можливість зупинки вентиляції, закриття люків, дверей і протидимових заслін є критично важливою для обмеження притоку свіжого повітря до осередку пожежі та керованого відведення диму.

Системи виявлення та гасіння пожеж у вантажних приміщеннях Ro-Ro суден є багатокомпонентними комплексами, ефективність яких залежить не лише від правильного вибору технічних засобів, а й від раціональної структури зонування, належної інтеграції з системами вентиляції, енергопостачання та управління, а також від підготовленості екіпажу до роботи в специфічних умовах пожежі в автопалубах. У наступних підрозділах ці системи розглядатимуться з урахуванням особливостей пожеж, пов'язаних із перевезенням сучасних транспортних засобів [43].

5.1.4 Нормативна база й сучасні наукові дослідження щодо пожеж на Ro-Ro судах

Система забезпечення пожежної безпеки Ro-Ro суден ґрунтується насамперед на положеннях міжнародних конвенцій та кодексів, розроблених під егідою Міжнародної морської організації. Базовим документом є Міжнародна конвенція з охорони людського життя на морі (SOLAS) [2],

розділ II-2 якої визначає загальні вимоги до запобігання виникненню пожежі, виявлення, обмеження її поширення та гасіння на всіх типах морських суден.

Для Ro-Ro суден ключове значення мають норми, що регламентують:

- особливості захисту вантажних приміщень, у яких перевозяться транспортні засоби;
- вимоги до систем виявлення та сигналізації пожежі в цих просторах;
- типи та характеристики фіксованих установок пожежогасіння;
- організацію доступу екіпажу до осередку пожежі, роботу вентиляції та закриття отворів.

У відповідних правилах SOLAS [2] передбачено, що вантажні приміщення для автомобілів та інших самохідних або причіпних одиниць мають бути обладнані системою пожежної сигналізації, здатною забезпечити своєчасне виявлення ознак пожежі на початковій стадії. Такі приміщення також повинні бути захищені фіксованими установками пожежогасіння – водяними дренчерними системами, системами водяного туману або газовими установками, залежно від категорії приміщення та конструкції судна. Окрему увагу приділено вимогам до вентиляції: кратність повітрообміну, можливість зупинки та дистанційного керування вентиляторами розглядаються як невід’ємний елемент протипожежного захисту.

Детальні технічні параметри судових пожежних систем визначає Кодекс з пожежної безпеки (FSS Code) [37]. У ньому встановлено критерії проектування систем пожежної сигналізації, у тому числі типи сповіщувачів, схеми зонування, вимоги до центральних пультів керування та індикації. Для систем дренчерного зрошення й водяного туману наведено мінімальну інтенсивність подачі, розташування форсунок та умови їх включення. Газові установки (переважно на основі діоксиду вуглецю) регламентуються з точки зору кількості вогнегасної речовини, часу подачі та безпеки екіпажу при використанні.

Особливе місце в сучасній нормативній базі займає Міжнародний кодекс безпеки суден, що використовують гази та інші види палива з низькою

температурою спалаху (IGF Code) [44]. Хоча цей документ переважно регулює питання застосування альтернативних палив як суднового палива, закладені в ньому підходи до газодетекції, вентиляції, ізоляції паливних систем, обмеження вибухонебезпечних об'ємів та відведення продуктів горіння є показовими. Вони демонструють рівень деталізації, який може бути орієнтиром для майбутньої адаптації вимог і до вантажних приміщень, де перевозяться транспортні засоби на альтернативних видах палива.

Міжнародна нормативна база створює чіткий каркас для проєктування й експлуатації систем виявлення та гасіння пожеж на Ro-Ro судах. Вона охоплює типи систем, мінімальні технічні параметри, загальні принципи організації протипожежного захисту. Водночас більшість цих вимог формувалися в період домінування транспортних засобів із традиційними двигунами внутрішнього згоряння, що зумовлює потребу подальшого уточнення норм у контексті зростання частки електромобілів та інших сучасних транспортних засобів.

Паралельно з розвитком базової нормативної бази в останні роки сформувався широкий спектр рекомендаційних документів, які умовно можна віднести до квазі-нормативних. Йдеться про керівництва, настанови та найкращі практики, розроблені галузевими організаціями, страховими об'єднаннями та класифікаційними товариствами. Вони не мають статусу міжнародної конвенції, однак суттєво впливають на реальну практику експлуатації Ro-Ro суден.

Одним із ключових документів цього типу є керівництво Європейського агентства з морської безпеки щодо перевезення транспортних засобів на альтернативних видах палива на Ro-Ro судах (EMSA – Guidance on the Carriage of Alternative Fuel Vehicles (AFVs) in Ro-Ro Spaces of Cargo and Passenger Ships) [45]. У ньому узагальнено інформацію про пожежну поведінку електромобілів, гібридних автомобілів, транспортних засобів на зрідженому та стиснутому газі, водні тощо. Документ містить конкретні рекомендації щодо умов приймання таких транспортних засобів до перевезення (стан паливної

системи, рівень заряду батарей, наявність відповідної документації від відправника), їх розміщення на палубах, організації вентиляції та дій екіпажу у разі виникнення пожежі. Особлива увага приділяється питанням раннього виявлення аномалій, застосуванню тепловізійних камер, газодетекторів і тактики тривалого охолодження батарей після гасіння.

Важливу роль відіграють також рекомендації міжнародних об'єднань страховиків, які базуються на аналізі аварійної практики та збитків від пожеж на Ro-Ro судах. Такі документи, як правило, містять практично орієнтовані поради щодо зниження ризиків: обмеження щільності розміщення електромобілів у межах однієї зони, вимоги до чергування рядів транспортних засобів на традиційному та альтернативному паливі, рекомендації щодо рівня заряду батарей перед завантаженням, а також пропозиції щодо організації додаткових оглядів вантажу.

Класифікаційні товариства, зі свого боку, розробляють власні керівництва та, у деяких випадках, додаткові класні нотації для суден, що активно перевозять сучасні транспортні засоби. Такі документи передбачають підвищені вимоги до систем виявлення пожежі (наприклад, обов'язкове застосування тепловізійного моніторингу в певних зонах, розширення мережі газодетекторів), посилені вимоги до водяних систем гасіння, а також рекомендації щодо конструктивного зонування вантажних палуб для можливості ізоляції груп транспортних засобів із підвищеним ризиком [43].

З огляду на те, що робота з оновлення міжнародних конвенцій і кодексів потребує значного часу, саме квазі-нормативні документи часто першими відображають нові ризики, пов'язані з експлуатацією сучасних транспортних засобів. Для даного дослідження, присвяченого особливостям систем виявлення та гасіння пожеж на Ro-Ro судах, аналіз таких документів є важливим доповненням до вивчення формально обов'язкових норм. Вони демонструють напрями, в яких галузь фактично вже рухається, та окреслюють потенційні підходи до майбутнього вдосконалення глобальної нормативної бази.

Сучасна науково-технічна література, присвячена пожежній безпеці Ro-Ro суден, зосереджується переважно на двох взаємопов'язаних напрямках: дослідженні пожежної поведінки електромобілів та інших транспортних засобів на альтернативних видах палива, а також аналізі ефективності існуючих систем виявлення та гасіння пожеж у закритих і напівзакритих просторах. Значну частину відомостей становлять результати повномасштабних і напівнатурних випробувань, які проводяться в лабораторних умовах або у спеціалізованих випробувальних центрах. У таких дослідженнях відтворюються сценарії загоряння тягових акумуляторів, визначаються температурні режими, інтенсивність газовиділення, склад димових газів та тривалість тепловиділення після завершення активної фази горіння.

За результатами наявних досліджень показано, що пожежі електромобілів характеризуються значно вищою тепловою потужністю та тривалішим впливом температури порівняно з пожежами традиційних автомобілів із двигунами внутрішнього згоряння. Вказується на необхідність тривалого охолодження акумуляторних батарей після гасіння, щоб запобігти повторному займанню. Окремі роботи детально аналізують склад газів, що виділяються при розкладанні електроліту та матеріалів корпусу батареї, підкреслюючи підвищений вміст токсичних та вибухонебезпечних компонентів. Ці дані мають принципове значення для оцінки безпеки екіпажу при виконанні протипожежних заходів у замкнених вантажних приміщеннях [38].

Водночас частина досліджень звертає увагу на важливу обмеженість лабораторних результатів з погляду їх прямого перенесення на умови Ro-Ro суден. Сценарії випробувань зазвичай передбачають окремо розташований автомобіль або батарейний модуль, тоді як на автопалубах техніка розміщується у щільні ряди із мінімальними проміжками. Це суттєво впливає на теплову взаємодію між транспортними засобами, швидкість поширення пожежі та можливість доступу до осередку займання. Деякі автори наголошують на тому, що результати сухопутних випробувань необхідно

доповнювати моделюванням або експериментами в умовах, наближених до реальних суднових конструкцій [47, 48].

Окремий пласт літератури присвячений аналізу реальних аварійних випадків на Ro-Ro суднах, де пожежа розвивалася у вантажних приміщеннях. Описуються причини та розвиток пожеж, тактичні дії екіпажу, задіяні системи виявлення та гасіння, наслідки для судна, вантажу й навколишнього середовища. Узагальнення цих даних показує, що ключовими проблемами залишаються несвоєчасне виявлення пожежі, швидке задимлення приміщень, обмежені можливості візуального контролю, а також складність застосування ручних засобів гасіння на нижніх палубах. При цьому у багатьох випадках формальні вимоги до наявності систем пожежної сигналізації та фіксованого пожежогасіння були виконані, що свідчить про недостатність лише формального дотримання мінімальних стандартів [40].

Щодо систем виявлення пожежі, в літературі простежується поступовий перехід від розгляду традиційних димових та теплових сповіщувачів до комбінованих рішень, які включають газодетекцію та тепловізійний моніторинг. Окремі автори пропонують використовувати аспіраційні системи виявлення диму та системи відеоаналітики для ранньої фіксації аномалій. Проте більшість праць носить концептуальний або експериментальний характер і не завжди враховує експлуатаційні обмеження реальних суднових систем – вартість, надійність, можливість технічного обслуговування, стійкість до морського середовища [47, 48].

Критичний аналіз наявних джерел дозволяє зробити низку висновків. По-перше, наукове розуміння пожежної поведінки електромобілів та інших сучасних транспортних засобів у замкнених просторах уже є досить глибоким, однак його інтеграція в судові стандарти лише розпочинається. По-друге, існує розрив між рівнем деталізації досліджень у сфері альтернативних палив та консервативністю чинних вимог до протипожежного захисту Ro-Ro суден. По-третє, бракує системних робіт, у яких результати випробувань, аналіз аварійної практики та зміст міжнародних і квазі-нормативних документів були б

узагальнені з точки зору практичного вдосконалення систем виявлення та гасіння пожеж на автопалубах.

5.2 Аналіз пожежної безпеки Ro-Ro суден

5.2.1 Типові сценарії розвитку пожеж у вантажних приміщеннях Ro-Ro суден

Аналіз характерних сценаріїв розвитку пожеж у вантажних приміщеннях Ro-Ro суден є ключовим етапом оцінювання ефективності існуючих систем виявлення та гасіння. На автопалубах пожежа здебільшого розвивається у складних просторових умовах: великі площі, відсутність поперечних переборок, численні перешкоди у вигляді транспортних засобів, значна кількість джерел займистого матеріалу, а також постійний рух повітря, зумовлений роботою вентиляційних систем. Разом ці фактори формують специфічну поведінку вогню, яка суттєво відрізняється від сценаріїв пожеж у традиційних судових приміщеннях [41].

Найпоширеніший сценарій – займання внаслідок технічної несправності або залишкового тепла в двигуні чи електричній системі одного з транспортних засобів. У разі загоряння автомобіля з двигуном внутрішнього згоряння первинне джерело вогню, як правило, обмежене моторним відсіком. Вогонь швидко переходить на пластикові елементи кузова, гуму шин та інші горючі матеріали. Подальше поширення визначається щільністю завантаження та ефективністю систем вентиляції.

Для сучасних транспортних засобів, зокрема електромобілів і гібридних авто, характерні додаткові специфічні сценарії, пов'язані зі структурою та поведінкою літій-іонних акумуляторів. У таких випадках початкова фаза займає інший характер: осередок пожежі може бути прихованим і розвиватися всередині акумуляторної батареї без зовнішніх видимих проявів. Після досягнення критичної температури відбувається термічний розгін, який

супроводжується стрімким підвищенням температури, виділенням токсичних і вибухонебезпечних газів, а також факельним викидом розігрітих частинок матеріалу батареї. На відміну від традиційних пожеж, така подія може мати повторний характер навіть після видимого загасання вогню.

В умовах Ro-Ro суден на розвиток пожежі впливає низка конструктивних чинників. Велика площа палуби та відсутність перегородок сприяють швидкому поширенню диму, що ускладнює раннє виявлення. Водночас система вентиляції, необхідна для забезпечення безпечної атмосфери під час вантажних операцій, може посилювати подачу кисню до осередку пожежі. Відповідно до звітів розслідувальних органів, у ряді випадків саме робота вентиляції спричиняла прискорене поширення тепла та диму, що створювало додаткові труднощі для екіпажу в перші хвилини реагування.

Щільне розміщення транспортних засобів на палубі також формує високий ризик швидкого горизонтального поширення вогню. Автомобілі компактно розташовані один біля одного, що перешкоджає локалізації пожежі та підвищує температурне навантаження на сусідні об'єкти. Особливо небезпечним є розміщення груп електромобілів у безпосередній близькості, оскільки це створює можливість каскадного переходу термічного розгону від одного акумулятора до іншого.

Окремі сценарії загоряння пов'язані з транспортними засобами на альтернативних видах палива – LNG, CNG або водні. Ці транспортні засоби можуть не загорітися безпосередньо, але становлять додаткову небезпеку у випадку зовнішнього нагріву: тиск у балонах зростає, і можливим стає їх руйнування з подальшим викидом газу або факельним горінням. Така поведінка у контексті щільного завантаження Ro-Ro суден може призводити до утворення додаткових точок займання [40, 45].

Таким чином, розвиток пожежі у вантажних приміщеннях Ro-Ro суден визначається поєднанням конструктивних особливостей, характеристик вантажу та умов експлуатації. Сценарії пожеж суттєво відрізняються для транспортних засобів традиційного та сучасного типу, що обумовлює потребу в

адаптації підходів до виявлення та гасіння. У подальших підрозділах розглядаються реальні аварійні випадки, які дозволяють деталізувати зазначені закономірності та визначити основні проблеми існуючих систем пожежної безпеки.

5.2.2 Аналіз аварійної практики пожеж у вантажних приміщеннях Ro-Ro суден

Аналіз аварійної практики дає можливість перевірити теоретичні уявлення про пожежні ризики в умовах реальної експлуатації Ro-Ro суден. Досвід останніх років показує, що пожежі у вантажних приміщеннях таких суден належать до найтяжчих інцидентів як за масштабами збитків, так і за складністю їх ліквідації. Більшість випадків характеризуються тривалим розвитком пожежі, значними ушкодженнями надбудови та вантажних палуб, а інколи – повною втратою судна.

Типовим є сценарій, коли перші ознаки пожежі фіксуються не автоматичною системою виявлення, а вахтовим персоналом – візуально або за запахом диму. Час від фактичного займання до спрацювання сигналізації може сягати десятків хвилин, що суттєво збільшує масштаби ураження. Для сучасних транспортних засобів, зокрема електромобілів, додатковою проблемою є фаза прихованого нагріву елементів батареї без явних зовнішніх проявів, після якої настає стадія термічного розгону.

Показовим прикладом є пожежа на Ro-Rox судні Sorrento у Середземному морі у 2015 році. Пожежа виникла в районі автомобільної палуби під час рейсу й швидко поширилася по відкритому простору вантажного приміщення. Судно було залишене екіпажем і пасажирями, значна частина надбудови та вантажних палуб зазнала ушкоджень. Цей випадок продемонстрував уразливість Ro-Ro простору до швидкого задимлення й труднощі з локалізацією вогню в умовах тривалої дії вентиляції [49].

У 2019 році сталася пожежа на великому автомобілевозі Diamond Highway, який перевозив тисячі автомобілів. Пожежа тривала кілька діб, екіпаж був евакуйований, а вантаж і саме судно зазнали значних пошкоджень. Інцидент показав, що при великій місткості Ro-Ro судна навіть одна пожежа на автопалубі може призвести до катастрофічних наслідків, якщо її не вдається локалізувати на ранніх стадіях [50].

Ще один показовий приклад – пожежа на ролкері Høegh Xiamen у 2020 році під час стоянки в порту. Судно перевозило велику партію уживаних транспортних засобів. Пожежа, що розпочалася на одній із вантажних палуб, швидко охопила внутрішні простори; гасіння тривало багато діб, судно й вантаж були визнані конструктивною повною втратою. Розслідування відзначило поєднання факторів: недостатній контроль стану завантажених автомобілів, складність доступу до внутрішніх палуб та обмежену ефективність газового гасіння за умов тривалого виділення тепла та диму [51].

У 2022 році значного резонансу набула пожежа на автомобілевозі Felicity Ace в Атлантичному океані. На борту перебувало близько чотирьох тисяч автомобілів, у тому числі значна кількість електромобілів. Пожежа тривала кілька тижнів, екіпаж було евакуйовано, а судно врешті-решт затонуло під час буксирування. У професійному середовищі цей випадок розглядається як один із перших масштабних інцидентів, де наявність великої кількості електромобілів могла впливати на тривалість і складність гасіння [52].

У 2023 році в Північному морі сталася пожежа на автомобілевозі Fremantle Highway, який перевозив близько трьох тисяч автомобілів, серед яких було кілька сотень електромобілів. Один член екіпажу загинув, кілька зазнали поранень, судно тривалий час залишалося з пожежею на борту в районі з підвищеною екологічною чутливістю. Інцидент привернув увагу до ризиків, пов'язаних із перевезенням великої кількості транспортних засобів із літій-іонними батареями [53].

У 2025 році пожежа на автомобілевозі Morning Midas у північній частині Тихого океану ще раз продемонструвала масштаби потенційних наслідків.

Судно перевозило кілька тисяч автомобілів, серед яких значну частку становили електромобілі та гібриди. Після виникнення пожежі екіпаж був евакуйований, а судно з вогнем на борту залишалося в морі протягом тривалого часу й зрештою затонуло в глибоких водах [54]. Обгорілий корпус судна Morning Midas перед тим, як воно затонуло, показаний на рис. 5.4.



Рисунок 5.4 – Наслідки пожежі на автомобілевозі Morning Midas

Зіставлення цих випадків дозволяє зробити кілька важливих висновків.

По-перше, навіть коли переважають транспортні засоби з традиційними двигунами внутрішнього згоряння, пожежі у вантажних приміщеннях Ro-Ro суден мають тенденцію до тривалого розвитку та складної локалізації.

По-друге, інциденти з великою кількістю електромобілів характеризуються ще більшими труднощами гасіння, тривалішими пожежами та підвищеною невизначеністю щодо ролі тягових батарей у підтриманні горіння.

По-третє, в усіх розглянутих випадках фігурують проблеми раннього виявлення, впливу вентиляції, обмеженого доступу екіпажу до осередку пожежі та ефективності існуючих систем гасіння.

Отже, аварійна практика останнього десятиліття підтверджує, що традиційна конфігурація систем виявлення та гасіння пожеж на Ro-Ro судах була сформована для іншого профілю ризику і потребує адаптації до нових умов перевезення сучасних транспортних засобів. Це створює підґрунтя для подальшого обґрунтування рекомендацій щодо удосконалення систем пожежної безпеки.

5.2.3 Порівняльний аналіз вимог SOLAS/FSS та рекомендацій EMSA, IUMI і класифікаційних товариств

Для оцінювання достатності чинного нормативного регулювання пожежної безпеки Ro-Ro суден доцільно порівняти обов'язкові вимоги Конвенції SOLAS [2] та Кодексу FSS [37] із галузевими рекомендаціями, розробленими Європейським агентством з морської безпеки, міжнародними страховими об'єднаннями та класифікаційними товариствами. Такий аналіз дозволяє виявити розрив між мінімальним рівнем безпеки, який формально забезпечується на судах, та цільовим рівнем, до якого пропонується прагнути з урахуванням нових ризиків, пов'язаних з транспортними засобами на альтернативних видах палива.

У рамках конвенційної бази вантажні приміщення Ro-Ro суден розглядаються переважно як простори для транспортних засобів із традиційними двигунами внутрішнього згоряння. SOLAS [2] та FSS Code [37] встановлюють перелік обов'язкових систем виявлення та гасіння, мінімальні параметри їх роботи, вимоги до вентиляції та загальні положення щодо організації боротьби за живучість судна. Разом з тим специфіка пожежної поведінки літій-іонних батарей, особливості термічного розгону й супутнього газоутворення в цих документах фактично не відображені. Це призводить до

ситуації, коли формально судно відповідає всім обов'язковим вимогам, але рівень захисту від пожеж за участю сучасних транспортних засобів залишається недостатнім.

На відміну від цього, рекомендаційні документи EMSA [45], IUMI [41] та окремих класифікаційних товариств безпосередньо виходять з припущення, що транспортні засоби на альтернативних видах палива становлять підвищений пожежний ризик. У них пропонується розширити як набір технічних засобів (газодетекція, тепловізійний моніторинг, посилені водоорієнтовані системи гасіння), так і комплекс організаційних заходів (зонування автопалуб, контроль рівня заряду батарей, спеціальна підготовка екіпажу, формальна оцінка ризиків). Таким чином, квазі-нормативні документи фактично задають більш високий орієнтир для судновласників, які працюють з великими партіями сучасних транспортних засобів.

Узагальнені результати порівняльного аналізу наведено в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Порівняльний аналіз вимог SOLAS/FSS та рекомендацій EMSA, IUMI і ClassNK до виявлення та гасіння пожеж у вантажних приміщеннях ролкерів

Питання / напрям	SOLAS II-2 / FSS Code (обов'язкові вимоги)	EMSA AFV Guidance (2022/2025)	IUMI Best Practices (2023/2025)	ClassNK EV Guidelines (2023/2024)
Статус документа	Міжнародна конвенція IMO, обов'язкова	Рекомендаційний документ ЄС	Рекомендації страхової спільноти	Рекомендаційні правила класифікаційного товариства
Цільова область	Vehicle, Special Category, Ro-Ro spaces	AFV (EV, PHEV, LNG, H ₂ , CNG)	EV на PCTC і Ro-Ro/Ro-Pax	EV як вантаж на Ro-Ro / PCTC
Виявлення пожежі: загальні вимоги	Fixed fire detection & alarm system (FSS Code, Ch. 9)	Рекомендовано комбіноване виявлення: дим, тепло, газ, ІЧ-камери	Підтримує багаторівневу детекцію, з тепловими камерами та газоаналізом	Наполягає на тепловізійних камерах та локальних датчиках температури

Продовження таблиці 5.1

Питання / напрямок	SOLAS II-2 / FSS Code (обов'язкові вимоги)	EMSA AFV Guidance (2022/2025)	IUMI Best Practices (2023/2025)	ClassNK EV Guidelines (2023/2024)
Типи датчиків	Димові або теплові сповіщувачі, залежно від простору	Рекомендація: сенсорна комбінація (CO, VOC, H ₂ , температура)	Рекомендація: комбіновані датчики + IR системи	Рекомендація: термальні камери, H ₂ -детектори, детектори диму
Ідентифікація зони/осередку	Вимагається секціонування зон, але без індивідуальної ідентифікації	Рекомендація: зонування EV- груп	Рекомендація: групування EV окремо	Новий пункт: індивідуальні (або дрібні групові) зони EV
Раннє виявлення EV- пожеж	Не розглядає EV/AFV окремо	Прямо рекомендує IR та газоаналіз	Прямо рекомендує IR- сканування	Пропонує обов'язкові IR- камери в EV-зонах
Газодетекція	В vehicle spaces не обов'язкова	Рекомендована H ₂ / VOC детекція	Рекомендована при великих EV-партіях	Вимога: H ₂ газодетектори у EV-зонах
Вентиляція як елемент виявлення та безпеки	Мінімум 10–20 крат повітрообмін/год у закритих го-го просторах	Рекомендоване збільшення вентиляції при перевезенні AFV	Підтримує розширену вентиляцію EV зон	Пропонує окремі вентиляційні канали для EV
Фіксовані системи пожежогасіння	Дренчерні системи або CO ₂ ; для деяких простором – піна	Водяний туман як найефективніший для EV/AFV	Підтримує тільки водяний туман як первинний засіб	Рекомендує встановлення локальних туманоутворювачів
Гасіння EV- пожеж	Не регламентується окремо	Базові принципи: охолодження, локалізація, постійне зрошення	Окремий розділ: водяний туман, охолодження батареї >24 год	Деталізований протокол: активне локальне зрошення, захисні бар'єри
CO ₂ як система гасіння	Дозволено та широко застосовується	Підкреслено недостатність CO ₂ для EV	Категорично неефективний для EV у більшості випадків	Рекомендовано не покладатися на CO ₂ у EV-зонах

Продовження таблиці 5.1

Питання / напрям	SOLAS II-2 / FSS Code (обов'язкові вимоги)	EMSA AFV Guidance (2022/2025)	IUMI Best Practices (2023/2025)	ClassNK EV Guidelines (2023/2024)
Локалізація пожежі	Немає окремих вимог щодо EV	Рекомендація: виділені EV-“pockets”	Рекомендація: фізична ізоляція EV блоків	Визначає окреме зонування EV у вантажній палубі
Розміщення EV на палубах	Не регулюється	Обмеження: SOC $\leq 30\%$, рознесене розміщення	Підтримує SOC $\leq 30\%$ та зонування	Пропонує окремі EV-рядки з підвищеним контролем
Тактика гасіння	Загальний опис (залежить від судна)	Деталізовані SOP для AFV	Тактичні схеми для EV пожеж (охолодження, isolation)	Пакет процедур для екіпажу
Вимоги до екіпажу	Загальні вимоги ISM	Спеціальний тренінг з AFV	Рекомендації по тренуванню	Вимоги до підготовки для EV-вантажів
Наявність спеціалізованих заходів для AFV/EV	Відсутні	Є (пожежні бар'єри, вентиляція, датчики)	Є (найкращі практики страховиків)	Є (найдеталізованіші інженерні вимоги)
Ступінь адаптації до EV/H ₂ /LNG	Низький (не покриває специфіку)	Середній (тактика + часткова технічна деталізація)	Високий у частині практики	Дуже високий (детальні інженерні рішення)
Обов'язковість виконання	Обов'язково	Рекомендаційно	Рекомендаційно	Рекомендаційно

Порівняння показує, що конвенційні документи виконують роль базового «мінімального стандарту», який зосереджений на забезпеченні наявності певних технічних засобів без їхньої адаптації до конкретного профілю вантажу. Натомість EMSA [45], IUMI [41] та класифікаційні товариства [43] роблять акцент на ризикоорієнтованому підході: пропонується зміщення фокуса з формальної відповідності мінімальним вимогам на активне управління

ризиками, пов'язаними з електромобілями та AFV. Характерною рисою цих документів є комплексність – технічні рішення розглядаються разом із організаційними заходами, підготовкою екіпажу та процедурною підтримкою.

У цьому контексті стає очевидним, що подальший розвиток систем пожежної безпеки на Ro-Ro суднах має базуватися не лише на виконанні обов'язкових норм, а й на поступовому впровадженні елементів, запропонованих у рекомендаційних документах. Це дає можливість поетапно адаптувати судна до нових викликів без очікування формального оновлення конвенційної бази, використовуючи наявні напрацювання міжнародних організацій і професійної спільноти.

5.2.4 Оцінка відповідності існуючих систем виявлення та гасіння пожеж сучасним ризикам

На основі викладеного вище виникає необхідність оцінити, наскільки існуючі системи виявлення та гасіння пожеж на Ro-Ro суднах відповідають сучасним ризикам, пов'язаним із перевезенням електромобілів та інших транспортних засобів на альтернативних видах палива. Така оцінка повинна враховувати як технічні характеристики систем, так і особливості їх застосування в реальних умовах експлуатації.

Щодо систем виявлення, можна відзначити, що традиційні димові та теплові сповіщувачі, які відповідають вимогам SOLAS/FSS, забезпечують прийнятний рівень безпеки для пожеж за участю транспортних засобів із двигунами внутрішнього згоряння. Вони здатні реагувати на дим або підвищення температури на стадії розвитку пожежі, коли обсяг виділених продуктів горіння вже достатній для спрацьовування датчиків. Однак у випадку електромобілів критичною є саме рання фаза деградації батареї, коли теплові процеси ще не супроводжуються значним виділенням диму, але вже створюють передумови для термічного розгону. У таких умовах стандартні системи можуть не забезпечити достатньо раннього попередження.

Схожа ситуація спостерігається і в частині систем гасіння. Дренчерні системи й водяний туман загалом ефективні для охолодження кузовів автомобілів, шин та навколишніх конструкцій, що дозволяє стримувати горизонтальне поширення пожежі. Водночас у випадку пожежі батарейного відсіку електромобіля вони часто виконують роль лише зовнішнього охолодження, тоді як внутрішні процеси в батареї продовжуються, що зумовлює ризик повторного займання. Газові установки, зокрема CO₂, за своєю природою орієнтовані на об'ємне гасіння в закритих приміщеннях із можливістю герметизації, тоді як вантажні приміщення Ro-Ro суден мають значну протяжність, численні отвори та систему вентиляції, що ускладнює створення й підтримання необхідної концентрації газу.

Додатковим обмежувальним фактором є геометрія вантажних приміщень та організація вантажних операцій. Щільне розміщення транспортних засобів, наявність рамп, колони, вентиляційних шахт й інших конструктивних елементів створюють зони, до яких складно забезпечити достатній доступ водяних струменів чи покриття форсунками зрошення. Це особливо актуально для автомобілів, розташованих у внутрішніх рядах, де локалізація пожежі вимагатиме або спеціалізованих локальних систем, або тривалого ручного гасіння в умовах обмеженої видимості.

Оцінюючи організаційні аспекти, слід зазначити, що на багатьох суднах інструкції з пожежної безпеки та плани навчально-тренувальних тривог досі орієнтовані переважно на пожежі транспортних засобів із ДВЗ. Специфіка електромобілів та AFV враховується фрагментарно, як додаткова інформація, а не як окрема категорія ризику. Це означає, що навіть за наявності технічно достатніх систем виявлення та гасіння їх ефективність може бути знижена через відсутність відпрацьованих алгоритмів дій екіпажу та недостатню підготовку до сценаріїв із тривалим тепловиділенням та повторним займанням.

Узагальнюючи результати проведеного аналітичного огляду, можна зробити висновок, що сучасний стан пожежної безпеки Ro-Ro суден знаходиться на етапі переходу від традиційної моделі, орієнтованої на

транспортні засоби з двигунами внутрішнього згоряння, до моделі, яка має враховувати специфіку електромобілів та транспортних засобів на альтернативних видах палива. Базова нормативна база, представлена Конвенцією SOLAS та Кодексом FSS, забезпечує необхідний мінімум вимог до систем виявлення та гасіння пожеж, але не містить достатньої деталізації щодо EV/AFV. Натомість квазі-нормативні документи та галузеві рекомендації вже сьогодні пропонують підвищені стандарти безпеки, орієнтовані на нові ризики.

Існуючі системи пожежної безпеки Ro-Ro суден загалом відповідають базовим вимогам конвенційної нормативної бази, але мають обмеження щодо роботи з сучасними транспортними засобами. Ці обмеження стосуються насамперед раннього виявлення аномалій у роботі тягових батарей, здатності до тривалого локального охолодження, адаптації вентиляційних режимів та готовності екіпажу до специфічних сценаріїв пожеж EV/AFV. Саме ці напрямки мають стати предметом удосконалення в наступному підрозділі.

Аналіз аварійної практики [49-54] підтверджує, що головними проблемами залишаються несвоєчасне виявлення пожежі, складність локалізації осередку займання у щільно завантажених вантажних приміщеннях, обмежена ефективність газових систем гасіння при пожежах електромобілів і потреба в тривалому зовнішньому охолодженні. Окремо слід відзначити недостатню адаптацію процедур підготовки вантажу та навчання екіпажу до особливостей термічного розгону літій-іонних батарей, виділення токсичних і вибухонебезпечних газів та ризику повторного займання.

У цьому контексті доцільно сформулювати основні завдання щодо удосконалення систем пожежної безпеки Ro-Ro суден при перевезенні сучасних транспортних засобів:

- удосконалення підходів до виявлення пожежі, зокрема інтеграція комбінованих систем (дим, газу, температурні аномалії) та застосування тепловізійного моніторингу в зонах розміщення електромобілів;
- підвищення ефективності систем гасіння, з акцентом на можливість тривалого локального охолодження батарей, оптимізацію конфігурації

дренчерних систем та розгляд варіантів локалізованих установок для груп транспортних засобів із підвищеним ризиком;

- адаптація режимів вентиляції та конструктивного зонування вантажних приміщень, що має сприяти як ранньому виявленню, так і більш ефективному обмеженню поширення диму й продуктів горіння;

- оновлення організаційно-технічної документації та навчальних програм екіпажу, включно з розробкою окремих алгоритмів дій при пожежах електромобілів та AFV, з урахуванням можливого повторного займання та токсичності газів;

- поступова адаптація нормативної бази шляхом імплементації окремих положень галузевих рекомендацій до судових інструкцій, стандартів компаній та, у перспективі, до міжнародних вимог.

5.3 Пропозиції щодо удосконалення систем виявлення та гасіння пожеж на Ro-Ro судах при перевезенні сучасних транспортних засобів

На основі теоретичних положень та результатів аналізу аварійної практики можна зробити висновок, що традиційна конфігурація систем пожежної безпеки Ro-Ro суден сформована для іншого профілю вантажу й не повною мірою відповідає ризикам, пов'язаним з електромобілями та транспортними засобами на альтернативних видах палива. У цьому підрозділі сформульовано комплекс практично орієнтованих пропозицій щодо удосконалення систем виявлення та гасіння пожеж, а також супутніх організаційних заходів. Запропоновані рішення не передбачають розробки нових технічних стандартів чи складних математичних моделей, а спрямовані на адаптацію вже існуючих технологій та процедур до сучасних викликів.

5.3.1 Принципи формування рекомендацій

При розробці рекомендацій прийнято такі основні принципи:

- ризикоорієнтований підхід – першочергова увага приділяється тим елементам системи безпеки, які найбільше впливають на наслідки пожежі за участю електромобілів та AFV (раннє виявлення, локальне охолодження, керування вентиляцією);
- системність – технічні рішення розглядаються у взаємозв'язку з організаційними заходами, підготовкою екіпажу та плануванням завантаження;
- поетапність впровадження – пропозиції сформульовано таким чином, щоб їх можна було реалізовувати поступово, без необхідності одномоментної дорогої модернізації всього судна;
- непротиворіччя чинній нормативній базі – усі запропоновані заходи можуть бути реалізовані в рамках вимог SOLAS/FSS як елементи підвищеного рівня безпеки, без потреби у відступах від обов'язкових норм;
- орієнтація на практичну реалізованість – рекомендації сформовано так, щоб вони могли бути впроваджені судноплавними компаніями у вигляді змін до системи управління безпекою (SMS), судових інструкцій та стандартних експлуатаційних процедур.

Вказані принципи дозволяють сформувати комплекс заходів, що, з одного боку, базуються на сучасних тенденціях розвитку галузі, а з іншого – залишаються реалістичними для впровадження на діючому флоті [55].

5.3.2 Удосконалення систем виявлення пожежі у вантажних приміщеннях

З урахуванням специфіки пожеж електромобілів та AFV ключовою проблемою є саме раннє виявлення аномалій, пов'язаних із перегрівом батарей або витоком газоподібного палива, ще до повномасштабного розвитку пожежі. У цьому контексті доцільно запропонувати такі напрями удосконалення.

1. Уточнення зонування систем пожежної сигналізації.

У вантажних приміщеннях Ro-Ro суден доцільно виділяти окремі зони або підзони для розміщення електромобілів та AFV. Це дозволяє:

- підвищити щільність розміщення сповіщувачів у найбільш ризикових районах;
- забезпечити більш локалізовану індикацію місця можливого займання;
- налаштувати відмінні пороги спрацювання та логіку обробки сигналів для «звичайних» зон і зон з підвищеним ризиком.

Таке зонування може бути відображене у схемах пожежної сигналізації та планах вантажних приміщень без зміни загальної архітектури системи.

2. Комбіновані технічні засоби виявлення.

Традиційні димові або теплові сповіщувачі виявляють пожежу на стадії, коли вже відбувається інтенсивне горіння. Для зони розміщення EV/AFV доцільно розглядати впровадження комбінованих рішень:

- аспіраційні системи димовиявлення у місцях, де дим може накопичуватися в першу чергу (простір під стелею, над внутрішніми рядами автомобілів);
- лінійні теплові кабелі вздовж рядів транспортних засобів, особливо в нижніх палубах;
- комбіновані димово-теплові та полум'яні сповіщувачі у зонах щільного завантаження.

Такі системи можуть бути реалізовані як доповнення до наявної суднової сигналізації, без її повної заміни.

3. Газодетекція у зонах AFV.

З огляду на виділення водню, оксидів вуглецю та інших газів при розвитку несправностей у батареях і паливних системах AFV доцільно передбачити встановлення газодетекторів у найбільш ризикових ділянках вантажних приміщень. При цьому:

- конфігурація газодетекції має враховувати можливі зони накопичення газів (стеля, простір над палубою, вентиляційні канали);
- порогові значення спрацювання повинні бути налаштовані так, щоб забезпечити раннє попередження без надмірної кількості хибних тривог;
- сигнали газодетекції мають інтегруватися до загальної системи пожежної сигналізації й відображатися на центральному пульті з вказанням зони.

Запровадження газодетекції не замінює традиційні засоби, а доповнює їх, підвищуючи ймовірність раннього виявлення небезпечних процесів.

4. Тепловізійний моніторинг зон розміщення EV.

Перспективним напрямом є впровадження тепловізійного моніторингу автопалуб, що дозволяє виявляти локальні перегріву ще до стадії відкритого горіння. Залежно від техніко-економічних можливостей судновласника можуть застосовуватись:

- стаціонарні тепловізійні камери з оглядом ключових зон (групи електромобілів, внутрішні ряди, нижні палуби);
- переносні тепловізори в поєднанні з регламентованими маршрутами обходів та інструкціями для вахтового персоналу.

У другому випадку доцільно формалізувати у судновій документації порядок планових обходів з використанням тепловізора під час стоянки та на початку рейсу, а також алгоритм дій у разі виявлення аномалій [43].

5.3.3 Удосконалення систем гасіння та тактики охолодження

Беручи до уваги результати аварійної практики, для пожеж електромобілів у вантажних приміщеннях Ro-Ro суден ключовим фактором є здатність системи забезпечити тривале локальне охолодження осередку займання та сусідніх транспортних засобів. У рамках існуючих технологій можна запропонувати такі напрями удосконалення.

1. Оптимізація конфігурації дренчерних систем.

Для зон розміщення EV/AFV доцільно:

- перевірити фактичну інтенсивність зрошення та рівномірність покриття палуби;
- розглянути можливість виділення окремих секцій дренчерної системи, які можуть включатися незалежно для більш тривалого зрошення конкретної ділянки;
- забезпечити наявність технічних засобів контролю (манометри, витратоміри) у ключових точках, що дає змогу екіпажу оцінювати реальну роботу системи під час пожежі.

Особливу увагу слід приділити можливості безпечної тривалої роботи дренчерних систем без перевищення допустимих навантажень на енергетичну установку й системи відведення води.

2. Підсилення можливостей локального охолодження.

Окрім стаціонарних систем, екіпажеві мають бути доступні переносні засоби локального охолодження, такі як:

- пожежні стволи з регульованою витратою та можливістю формування компактних і розпилених струменів;
- мобільні монітори, що можуть закріплюватися на краю палуби або рампи й забезпечувати тривале зрошення конкретної групи транспортних засобів;

– спеціалізовані насадки або укриття для більш ефективного охолодження нижньої частини автомобіля та зони розташування батареї (з урахуванням морських обмежень і фактичної номенклатури обладнання на борту).

Такі засоби доцільно передбачати в суднових описах пожежного інвентарю та включати до сценаріїв тренувань.

3. Перегляд ролі газових систем гасіння у вантажних приміщеннях Ro-Ro суден.

Практика показала, що застосування CO₂ у великих вантажних приміщеннях Ro-Ro суден має суттєві обмеження – складність забезпечення необхідної концентрації газу, вплив вентиляції, тривалий внутрішній тепловий розклад батарей. У зв'язку з цим доцільно:

– використовувати газові системи передусім для початкового зниження інтенсивності горіння та створення більш сприятливих умов для подальшого водяного охолодження;

– не розглядати CO₂ як єдиний або основний засіб гасіння пожеж електромобілів, а акцентувати увагу екіпажу на важливості тривалого зрошення водою;

– уточнити у суднових інструкціях послідовність застосування різних систем з урахуванням особливостей EV/AFV.

4. Керування вентиляцією під час гасіння.

Для обмеження поширення диму та підтримання роботи систем гасіння важливо правильно керувати вентиляцією вантажних приміщень. У рекомендаціях доцільно:

– встановити чіткі критерії відключення або переведення вентиляції в обмежений режим залежно від стадії пожежі;

– передбачити режими, які одночасно обмежують приплив кисню до осередку пожежі й запобігають небезпечному накопиченню газів у закритих зонах;

– відобразити ці режими у суднових інструкціях та відпрацювати їх на тренуваннях [41].

5.3.4 Організаційні та процедурні заходи

Технічні удосконалення повинні супроводжуватися зміною підходів до організації перевезення сучасних транспортних засобів і підготовки екіпажу. У цьому напрямку доцільно запропонувати такі рішення.

1. Політика щодо рівня заряду тягових батарей.

Судноплавна компанія може запровадити внутрішню політику, за якою:

- електромобілі приймаються до перевезення із обмеженим рівнем заряду (наприклад, у діапазоні до 30–50 % від номінального);
- відправник зобов'язаний підтверджувати фактичний рівень заряду та технічний стан батареї документально;
- у разі відсутності підтвердження або наявності зауважень щодо стану ТЗ судно має право відмовити в перевезенні чи вимагати додаткових заходів безпеки.

Такі вимоги можуть бути включені до умов фрахтування або перевезення.

2. Зонування та схема розміщення EV/AFV на палубах.

На рівні судових інструкцій доцільно:

- визначити зони пріоритетного розміщення електромобілів (наприклад, палуби з кращим доступом для гасіння, ефективнішим дренчерним покриттям та зручнішими шляхами евакуації);
- обмежити щільність розміщення EV у межах однієї зони, уникати довгих «ланцюгів» із суцільного ряду електромобілів;
- забезпечити наявність вільних проходів, що дозволяють підвести стволи та рукави до потенційного осередку пожежі.

Вказані вимоги мають бути відображені в судовому плані завантаження і використовуватись у роботі штурманської служби.

3. Уточнення переліку документів і передрейсового контролю.

Для транспортних засобів із підвищеним пожежним ризиком (EV, AFV) доцільно передбачити:

- окремий контрольний список (checklist) для приймання до перевезення, що містить питання про тип батареї або палива, рівень заряду, наявність видимих пошкоджень;

- по можливості – фотографування стану ТЗ під час завантаження, щоб документально фіксувати їхній стан;

- узгодження з агентом та відправником вимог щодо попереднього відключення живлення, фіксації ручного гальма, перевірки відсутності сторонніх вантажів у салоні та багажнику.

4. Оновлення інструкцій та планів аварійного реагування.

У судових інструкціях з боротьби за живучість та планах аварійного реагування доцільно виділити:

- окремий підрозділ, присвячений пожежам у зонах розміщення електромобілів та AFV;

- алгоритм дій для чергового помічника капітана, офіцера безпеки та пожежних партій з урахуванням специфіки термічного розгону та можливого повторного займання;

- рекомендації щодо використання засобів індивідуального захисту, у тому числі фільтрувальних протигазів і апаратів на стиснутому повітрі, з огляду на токсичність газів, що виділяються.

Спрощений алгоритм дій екіпажу при пожежній тривозі у вантажному приміщенні з електромобілями представлено на рис. 5.5.

5. Підготовка та тренування екіпажу.

Пропонується:

- включити до річного плану навчань сценарії пожеж у зоні розміщення EV/AFV, з відпрацюванням взаємодії між містком, машинною командою та пожежними партіями;

- проводити практичні заняття з використанням тепловізійного обладнання та газодетекторів, якщо вони є на борту;

- розглядати на брифінгах реальні випадки пожеж на автомобілевозах з аналізом допущених помилок та можливих альтернативних дій [45].

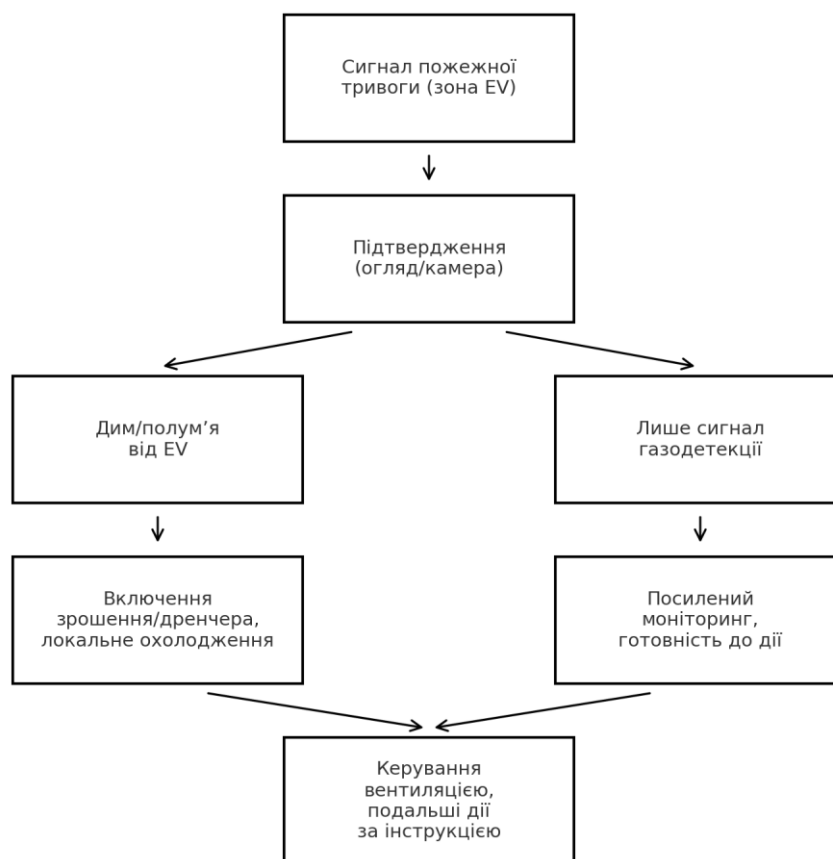


Рис. 5.5 – Спрощений алгоритм дій екіпажу при пожежній тривозі у вантажному приміщенні з електромобілями

5.3.5 Узагальнення та очікуваний ефект від впровадження рекомендацій

Запропонований комплекс заходів спрямований на те, щоб підвищити ймовірність раннього виявлення небезпечних процесів, покращити можливості локалізації пожежі та адаптувати дії екіпажу до специфіки сучасних транспортних засобів, не виходячи при цьому за рамки чинних конвенційних вимог. Реалізація навіть частини з наведених рекомендацій дозволить:

- скоротити інтервал між фактичним початком небезпечного процесу в батареї чи паливній системі AFV та моментом реагування екіпажу;

- зменшити ризик переходу локального інциденту у повномасштабну пожежу на автопалубі;

- підвищити готовність екіпажу до дій у ситуаціях, що виходять за межі «класичних» пожеж транспортних засобів із двигунами внутрішнього згоряння.

Частина запропонованих заходів потребує окремого техніко-економічного обґрунтування та перевірки на конкретних судах, а також накопичення практичного досвіду. Це вже виходить за межі даної роботи, але може стати темою наступних досліджень або внутрішніх проєктів компаній. Водночас наведені рекомендації вже зараз можуть бути враховані під час перегляду судових інструкцій, процедур системи управління безпекою та внутрішніх стандартів, а отриманий досвід надалі може бути корисним при обговоренні оновлення вимог до перевезення сучасних транспортних засобів на Ro-Ro судах.

РОЗДІЛ 6

РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ СУДНА В РЕЙСІ

6.1 Загальна частина

В умовах ринкової економіки центр економічної активності закономірно зміщується на базовий рівень – підприємство, судноплавну компанію або окреме судно. Саме тут формується кінцевий результат виробництва, створюються транспортні послуги та забезпечується їхня конкурентоспроможність. Ринкові механізми висувають нові вимоги до економічного обґрунтування управлінських рішень, впровадження інновацій, а також до постійного аналізу організаційних, технологічних та технічних аспектів діяльності.

Підвищення прибутковості судноплавної компанії або окремого судна може здійснюватися за двома основними напрямками. Перший передбачає зниження собівартості транспортних послуг за рахунок оптимізації витрат і вдосконалення експлуатаційно-технічних характеристик. Другий пов'язаний із покращенням якості та ефективності послуг, що дає змогу підвищити їх ринкову вартість (фрахтову ставку) та зберегти конкурентні позиції при незмінному обсязі перевезень. Обидва підходи спрямовані на підвищення конкурентоспроможності судна порівняно з іншими учасниками ринку.

У процесі розв'язання економічних завдань насамперед необхідно визначити джерела зростання прибутковості. Далі слід окреслити шляхи досягнення максимального економічного ефекту, які передбачають обґрунтований вибір найкоротшого та найбезпечнішого маршруту, економію ходового й стоянкового часу, збільшення експлуатаційного періоду, скорочення експлуатаційних витрат, а також раціональне використання внутрішніх резервів судна та компанії.

Рейсове завдання

Розрахунок виконаний на підставі завдання і даних, отриманих у попередніх розділах цієї дипломної роботи, взятих із суднової документації при роботі на переддипломній практиці, з довідкових матеріалів кафедри М і ЕМТ НУ«ОМА», прейскурантів, тарифів та ін..

Вихідні дані рейсу т / х «Viking Emerald» з порту Інчхон (Південна Корея) в порт Фрімонтл (Австралія) зведені в таблицю 6.1.

Таблиця 6.1. – Початкові дані для розрахунку рейсу

№ п/п	Найменування показників	Умовні позначення	Одиниця вимірювання	Значення
1	2	3	4	5
1	Дедвейт т/х «Viking Emerald»	D_w	тон	11683.5
2	Запаси на початок рейсу	G_p	тон	3350.2
3	Відстань між портами	L	милі	4365
4	Кількість навантаженого вантажу:	ΣQ_m	т	5264.1
			шт	3039
	Land Rover Discovery Sport	Q_{m1}	шт	2031
	Land Rover Range Rover	Q_{m2}	шт	1008
5	Норми навантаження вантажу	$M_{\text{ван}}$	шт/ доб.	2200
6	Норми вивантаження вантажу	$M_{\text{вив}}$	шт/ доб.	5000
7	Експлуатаційна швидкість	v_e	екс. вузли	15
8	Швидкість в каналах, вузкостях	v_k	кан. вуз.	9
	Добова витрата палива на ходу: важке	q^B_x	тон/доб	31
9	Добова витрата палива на стоянці: легке	$q_{\text{ст}}$	тон/доб	8.9
10	Ціна 1 тони палива: важке	C_v	\$/т	485
	легке	C_l	\$/т	833
11	Балансова вартість судна	$C_{\text{бал}}$	тис. \$	12000000
12	Річна норма амортизації	H_a	%	10
13	Час зовні експлуатації	$T_{\text{зе}}$	діб.	10
14	Чисельність екіпажу	$Ч_{\text{ек}}$	чол.	19

Продовження табл. 6.1

1	2	3	4	5
15	Час затримки в дорозі	$t_{\text{зат}}$	доб.	0.3
16	Додатковий час в портах стоянки	$t_{\text{дод}}$	доб.	0.3
17	Заробітна платня	$R_{\text{зп}}$	\$/доб	2400
18	Витрати на технічне постачання	$R_{\text{т.пос}}$	\$/доб	400
19	Навігаційні витрати	$R_{\text{нав}}$	\$/доб	200
20	Портові збори	$R_{\text{п}}$	\$	70000
21	Агентство судів	$R_{\text{аг}}$	\$/доб	500
22	Витрати на страхування суднів	$R_{\text{стр}}$	\$/доб	1000
23	Витрати на ремонт	$C_{\text{рем}}$	\$/мр.п.	1000000
24	Вартість одного докування	$C_{\text{док}}$	\$	80000

6.2 Розрахунок кількісних експлуатаційно-економічних показників роботи судна в рейсі

1. Розраховуємо чисту вантажопідйомність судна:

$$\Delta_q = \Delta_w - G_{\text{зан}}, \quad (6.1)$$

$$\Delta_q = 11683,5 - 3350,2 = 8333,3 \text{ т}$$

2. Розраховуємо експлуатаційний період роботи судна:

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

$$T_{\text{екс}} = 365 - 10 = 355 \text{ діб},$$

де $T_{\text{к}}$ – календарний період, приймаємо 365 діб;

$T_{\text{вз}}$ – позаексплуатаційний період.

3. Розраховуємо час рейсу:

– ходовий час:

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

$$t_x = 4365 / (15 \cdot 24) + 0,3 = 12,43 \text{ діб}$$

– стояночний час:

$$t_{cm} = t_{cm}^3 + t_{cm}^6 = \left(\frac{Q_1}{M_{31}} \right) + \left(\frac{Q_1}{M_{61}} \right) + t_{\text{дон}} \quad (6.4)$$

$$t_{cm} = 3039 / 2200 + 3039 / 5000 + 0,3 = 2,29 \text{ діб.}$$

– час рейсу складе:

$$t_p = t_x + t_{cm}, \quad (6.5)$$

$$t_p = 12,43 + 2,29 = 14,72 \text{ діб}$$

4. Розрахуємо провізну спроможність судна:

а) зроблено тонно-миль за рейс:

$$\Sigma QL = 5264,1 \cdot 4365 = 22\,977\,797 \text{ тонно-миль/рейс}$$

б) зроблено тоннаже-миль за рейс:

$$\Sigma D_q L = 8333,3 \cdot 4365 = 36\,374\,855 \text{ тоннаже-миль/рейс}$$

5. Розраховуємо доходи судна за рейс (\$/рейс):

$$\Sigma F_{\text{рейс}} = Q_{\text{т1}} \cdot f_1 + Q_{\text{т2}} \cdot f_2, \quad (6.6)$$

$$\Sigma F_{\text{рейс}} = 2031 \cdot 250 + 1008 \cdot 300 = 810\,150 \text{ $/рейс}$$

де f – фрахтова ставка (ціна перевезення) за 1 одиницю вантажу.

6. Розраховуємо витрати судна за статтями за добу і за рейс:

1) Постійні експлуатаційні витрати судна за добу розраховуємо за формулою:

$$R_{екс.} = R_{зн} + R_{хар} + R_{рем} + R_{ам} + R_{сн} + R_{т.пос} + R_{нав} + R_{порт} / t_p + R_{аг} + R_{стр}, \quad (6.7)$$

$$R_{екс} = 2\,400 + 162 + 699 + 3\,380 + 676 + 400 + 200 +$$

$$+ 70\,000 / 14,72 + 500 + 1\,000 = 14\,172 \text{ \$/добу}$$

де $R_{зн}$ – витрати на заробітну плату;

$R_{хар}$ – витрати на харчування екіпажу розраховуємо за формулою:

$$R_{хар} = \chi_{ек} \cdot n_{хар} \quad (6.8)$$

$$R_{хар} = 19 \cdot 8,5 = 162 \text{ \$/добу},$$

де $n_{хар}$ – норма харчування на одного члена екіпажу на добу;

$R_{рем}$ – витрати на ремонт розраховуємо за формулою:

$$R_{рем}^{доб} = \frac{(n_{док} \times C_{док} + C_{рем}) / t_{мн}}{T_{екс}} \quad (6.9)$$

$$R_{рем} = ((3 \cdot 80\,000 + 1\,000\,000) / 5) / 355 = 699 \text{ \$/добу},$$

де $n_{док}$ – кількість докувань за міжремонтний період;

$t_{мн}$ – міжремонтний період 5 років.

$R_{ам}$ – витрати на амортизацію розраховуємо за формулою:

$$R_{ам} = \frac{C_{бал} \times H_{ам}}{T_{екс} \times 100}, \quad (6.10)$$

$$R_{ам} = (12\,000\,000 \cdot 10) / (355 \cdot 100) = 3380 \text{ \$/добу};$$

$R_{сн}$ – витрати на загальносуднове постачання розраховуємо за формулою:

$$R_{сн} = \frac{C_{бал} \times H_{сн}}{T_{екс} \times 100}, \quad (6.11)$$

$$R_{сн} = (12\,000\,000 \times 2) / (355 \cdot 100) = 676 \text{ \$/добу};$$

де $H_{сн}$ – норма постачання;

$R_{т.пос}$ – витрати на технічне постачання;

$R_{нав}$ – навігаційні витрати;

$R_{порт}$ – портові збори;

$R_{аг}$ – витрати з агентування;

$R_{стр}$ – витрати на страхування.

2) Розрахуємо непрямі (адміністративно-управлінські) витрати судна:

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

$$R_{кос.} = 14\,172 \cdot 0,02 = 283 \text{ \$/добу}$$

де $k_{ад}$ – коефіцієнт на адміністративно-управлінський апарат (від суми постійних експлуатаційних витрат судна), приймаємо 2 %.

3) Знаходимо загальні постійні експлуатаційні витрати судна за добу:

$$R_{заг} = R_{екс} + R_{кос} \quad (6.13)$$

$$R_{заг} = 14\,172 + 283 = 14\,455 \text{ \$/добу}$$

4) Знаходимо загальні постійні експлуатаційні витрати судна за рейс:

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

$$\Sigma R_{\text{заг.екс}} = 14\,455 \cdot 14,72 = 212\,778 \text{ \$/рейс}$$

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:

$$R_x^6 = k_{cm} \cdot q_x \cdot U_m \quad (6.15)$$

$$R_{cm}^6 = k_{cm} \cdot q_{cm} \cdot U_v, \quad (6.16)$$

$$R_x^6 = 1,1 \cdot 31 \cdot 485 = 16\,539 \text{ \$/добу}$$

$$R_{cm}^6 = 1,1 \cdot 8,9 \cdot 833 = 8\,155 \text{ \$/добу}$$

де k_{cm} – коефіцієнт, що враховує витрати на мастильні, обтиральні матеріали, залежно від двигуна = 1,05 – 1,15.

б) змінні витрати за рейс:

$$\Sigma R_{\text{пер}} = (R_x^6 \cdot t_x) + (R_{cm}^6 \cdot t_{cm}) \quad (6.17)$$

$$\Sigma R_{\text{пер}} = (16\,539 \cdot 12,43) + (8\,155 \cdot 2,29) = 224\,255 \text{ \$/рейс}$$

7. Знаходимо загальні витрати судна за рейс:

$$\Sigma R_{\text{рейс}} = \Sigma R_{\text{заг.екс}} + \Sigma R_{\text{пер}} \quad (6.18)$$

$$\Sigma R_{\text{рейс}} = 212\,778 + 224\,255 = 437\,033 \text{ \$/рейс}$$

8. Знаходимо прибуток судна за рейс:

$$\begin{aligned}\Sigma\Pi_{рейс} &= \Sigma F_{рейс} - \Sigma R_{рейс} \\ \Sigma\Pi_{рейс} &= 810\,150 - 437\,033 = 373\,117 \text{ $/рейс}\end{aligned}\tag{6.19}$$

6.3 Розрахунок якісних експлуатаційно-економічних показників роботи судна в рейсі

1. Коефіцієнт використання календарного періоду:

$$\begin{aligned}K_e &= \frac{T_{екс}}{T_k}, \\ K_e &= 355 / 365 = 0,973\end{aligned}\tag{6.20}$$

2. Коефіцієнт завантаження судна:

$$\begin{aligned}\alpha_3 &= \frac{\Sigma Q}{\Sigma D_q}, \\ \alpha_3 &= 5264,1 / 8333,3 = 0,632\end{aligned}\tag{6.21}$$

3. Середньодобова експлуатаційна швидкість:

$$\begin{aligned}V_{cp.} &= \frac{L}{t_x}, \\ V_{cp} &= 4365 / 12,43 = 351,2 \text{ миль/добу}\end{aligned}\tag{6.22}$$

4. Коефіцієнт ходового часу:

$$\varepsilon_x = \frac{t_x}{t_p}; \quad (6.23)$$

$$\varepsilon_x = 12,43 / 14,72 = 0,844$$

5. Продуктивність однієї тонни вантажопідйомності судна в добу експлуатації:

$$\mu_g = \alpha_z \cdot V_{cp} \cdot \varepsilon_x, \quad (6.24)$$

$$\mu_g = 0,632 \cdot 351,2 \cdot 0,844 = 187,3$$

6. Валова прибутковість одних судно-днів:

$$\mu = \Sigma F_{рейс} / t_p, \quad (6.25)$$

$$\mu = 810\,150 / 14,72 = 55\,037 \text{ $/доба}$$

7. Рівень прибутковості являє відношення доходів до витрат:

$$УД = \Sigma F_{рейс} / \Sigma R_{рейс} \quad (6.26)$$

$$УД = 810\,150 / 437\,033 = 1,85$$

Так як $УД > 1$, то рейс прибутковий.

8. Прибуток (чистий прибуток = прибуток – податки 25% на прибуток) судна за рейс:

$$\Sigma П_{рейс} = \Sigma П_{рейс} - \Sigma N_{нал} = \Sigma П_{рейс} (1 - 0,25) \quad (6.27)$$

$$\Sigma П_{рейс} = 373\,117 \cdot (1 - 0,25) = 279\,838 \text{ $/рейс}$$

9. Собівартість перевезення однієї тонни та однієї одиниці вантажу в рейсі:

$$S_m = \Sigma R_{\text{рейс}} / \Sigma Q, \quad (6.28)$$

$$S_m = 437\,033 / 5264,1 = 83,02 \text{ $/т}$$

$$S_{od} = 437\,033 / 3039 = 143,81 \text{ $/од}$$

10. Собівартість 1 тонно-милі в рейсі:

$$S_{m-м} = \Sigma R_{\text{рейс}} / \Sigma Ql, \quad (6.29)$$

$$S_{m-м} = 437\,033 / 22\,977\,797 = 0,019 \text{ $/т-м}$$

11. Собівартість утримання судна в добу експлуатації:

$$S_{c-c} = \Sigma R_{\text{рейс}} / t_p \quad (6.30)$$

$$S_{c-c} = 437\,033 / 14,72 = 29\,690 \text{ $/доба.екс}$$

6.4 Прогнозування роботи судна за експлуатаційний період

1. Число рейсів за експлуатаційний період:

$$Ч_p = T_{\text{екс}} / t_p \quad (6.31)$$

$$Ч_p = 355 / 14,72 = 24,12$$

2. Обсяг перевезеного вантажу за експлуатаційний період:

$$\Sigma Q_{\text{екс}} = \Sigma Q Ч_p \quad (6.32)$$

$$\Sigma Q_{\text{екс}} = 5264,1 \cdot 24,12 = 126\,970 \text{ т/рік}$$

$$\Sigma Q_{\text{екс авт}} = 3039 \cdot 24,12 = 73\,301 \text{ одиниць/рік}$$

3. Обсяг транспортної роботи за експлуатаційний період:

$$\begin{aligned}\Sigma Ql_{екс} &= \Sigma Ql \cdot \mathcal{U}_p \\ \Sigma Ql_{екс} &= 5264,1 \cdot 4365 \cdot 24,12 = 554\,224\,050 \text{ т-миль/рік}\end{aligned}\tag{6.33}$$

4. Дохід за експлуатаційний період:

$$\begin{aligned}\Sigma F_{екс} &= \Sigma F_{рейс} \cdot \mathcal{U}_p \\ \Sigma F_{екс} &= 810\,150 \cdot 24,12 = 19\,540\,818 \text{ \$/рік}\end{aligned}\tag{6.34}$$

5. Загальні витрати судна за експлуатаційний період:

$$\begin{aligned}\Sigma R_{екс} &= R_{рейс} \cdot \mathcal{U}_p \\ \Sigma R_{екс} &= 437\,033 \cdot 24,12 = 10\,541\,226 \text{ \$/рік}\end{aligned}\tag{6.35}$$

6. Прибуток судна за експлуатаційний період:

$$\begin{aligned}\Sigma \Pi &= \Pi_p \cdot \mathcal{U}_p \\ \Sigma \Pi &= 373\,117 \cdot 24,12 = 8\,999\,592 \text{ \$/рік}\end{aligned}\tag{6.36}$$

7. Рівень прибутковості роботи судна за експлуатаційний період:

$$\begin{aligned}\Sigma \mathcal{U}\mathcal{D} &= \Sigma F_{екс} / \Sigma R_{екс} \\ \Sigma \mathcal{U}\mathcal{D} &= 19\,540\,818 / 10\,541\,226 = 1,85\end{aligned}\tag{6.37}$$

6.5 Оцінка ефективності виконаного рейсу і роботи судна за експлуатаційний період

Для оцінки ефективності виконаного рейсу і роботи судна за експлуатаційний період зведемо розрахункові дані в табл. 6.2.

В результаті проведених розрахунків встановлено, що рівень дохідності рейсу складає 1,85. Отже, він є прибутковим і використання судна на даній лінії є доцільним.

Таблиця 6.2 – Кількісні і якісні показники виконаного рейсу

№ п/п	Найменування показників	Умовні позначення	Одиниця вимірювання	Значення
1	Експлуатаційний період	T_e	діб	355
2	Відстань пройдена судном в рейсі	L, l	милі	4 365
3	Перевезено вантажів	$\sum Q$	т	5 264,1
4	Судно-діб в рейсі	t_p	діб	14,72
	на ходу	t_x	діб	12,43
	на стоянці	t_{cm}	діб	2,29
5	Валовий дохід	F	\$	810 150
6	Затрати загальні	R	\$	437 033
7	Прибуток	Π	\$	373 117
8	Коефіцієнт ходового часу	ε_x		0,844
9	Середньодобова експлуатаційна швидкість	V_{cp}	милі/доб	351,2
10	Дохідність судна	μ	\$/доб	55 037
11	Рівень дохідності	PF		1,85
12	Собівартість перевезення 1 т вантажу	S_T	\$/т	83,02
13	Собівартість 1 т-милі	S_{T-M}	\$/т-м	0,019
14	Собівартість утримання судна за добу експлуатації	S_{C-C}	\$/доб.	29 690

Визначення економічного ефекту, отриманого в результаті впровадження досліджуваних в магістерській роботі об'єктів

У даній магістерській роботі запропоновано комплекс заходів, спрямованих на підвищення пожежної безпеки Ro-Ro судна при перевезенні сучасних транспортних засобів (електромобілів та транспортних засобів на альтернативних видах палива). З огляду на характер дослідження, економічний ефект доцільно розглядати не як збільшення виручки від перевезень, а як зменшення можливих втрат, пов'язаних із пожежами у вантажних приміщеннях.

Загальний економічний ефект визначимо за формулою:

$$E_{\text{заг}} = E_{\text{еквт}} + E_{\Delta \text{txcm}} + E_{\text{збер}} + E_{\text{зб}}, \quad (6.38)$$

$$E_{\text{заг}} = 0 + 1\,800 + 4\,500 + 60\,000 = 66\,300 \text{ \$}/\text{рік}$$

де $E_{\text{еквт}}$ – економія, отримана за рахунок скорочення експлуатаційних витрат;

$E_{\Delta \text{txcm}}$ – економія, отримана за рахунок скорочення ходового, стоянкового часу;

$E_{\text{збер}}$ – економія, отримана за рахунок підвищення збереження вантажів;

$E_{\text{зб}}$ – економія, отримана за рахунок запобігання можливого збитку.

Оскільки запропоновані заходи (уточнення зонування автопалуб, удосконалення систем виявлення, алгоритмів дій екіпажу та процедур завантаження) практично не впливають на рівень постійних експлуатаційних витрат судна у звичайному рейсі, складову $E_{\text{еквт}}$ приймаємо наближено рівною нулю:

$$E_{\text{еквт}} = 0. \quad (6.39)$$

Визначимо економію за рахунок скорочення простою судна ($E_{\Delta \text{txcm}}$). Серйозна пожежа в вантажному приміщенні, навіть без конструктивної втрати

судна, зазвичай супроводжується додатковим простоєм у порту для гасіння, огляду та первинного ремонту. Прийmemo, що без удосконалення систем безпеки усереднений додатковий простій у разі локальної пожежі становить 2 доби. Прийmemo, що локальна пожежа, яку вдається загасити без конструктивної втрати судна може статися приблизно один раз на 10 років експлуатації судна на даній лінії. Запропоновані заходи (раннє виявлення, краща підготовка екіпажу, чіткі алгоритми взаємодії з береговими службами) дозволяють зменшити ризик такого інциденту приблизно на 30%.

Тоді усереднена річна економія від скорочення простою становитиме:

$$E_{\Delta t_{xcm}} = 29690 \cdot 2 \cdot 1/10 \cdot 0,3 = 1\,800 \text{ \$/рік.} \quad (6.40)$$

Визначимо економію від підвищення збереженості вантажу ($E_{збер}$). При локальній пожежі на автопалубі частина автомобілів зазнає ушкоджень унаслідок вогню, високої температури, диму та дії води. Прийmemo для оцінки, що без впровадження додаткових заходів у середньому ушкоджується 10 автомобілів, а середній розмір компенсації за один автомобіль становить приблизно 15000 \$.

Припускаємо, що впровадження запропонованих заходів (більш чітке розміщення EV/AFV, швидше виявлення, правильніший вибір тактики охолодження) дозволяє зменшити масштаб пошкоджень на 30%.

Тоді усереднена річна економія:

$$E_{\Delta t_{xcm}} = 15\,000 \cdot 10 \cdot 1/10 \cdot 0,3 = 4\,500 \text{ \$/рік.} \quad (6.41)$$

Визначимо економію від запобігання можливого великого збитку ($E_{зб}$). Найбільш суттєва складова – зменшення ризику катастрофічного інциденту, коли судно й вантаж визнаються конструктивною повною втратою (аналогічно випадкам Høegh Xiamen, Felicity Ace, Morning Midas). Для орієнтовної оцінки консервативно прийmemo, що орієнтовний обсяг можливого збитку при великій пожежі становить 10 000 000 \$. Прийmemo ймовірність такої події рівною 1

випадок на 50 років експлуатації судна, а зменшення ризику через запроваджений в роботі комплекс заходів становить 30%.

Тоді річна економія від запобігання можливого збитку становить:

$$E_{\Delta t_{xcm}} = 10\,000\,000 \cdot 1/50 \cdot 0,3 = 60\,000 \text{ \$/рік.} \quad (6.41)$$

Розрахунок приросту прибутку

Приріст чистого прибутку здійснюється за формулою:

$$\begin{aligned} \Delta ЧП &= (П_n - П_c) \cdot (1 - 0,25), \\ \Delta ЧП &= 66\,300 \cdot (1 - 0,25) = 49\,725 \text{ \$/рік.} \end{aligned} \quad (6.42)$$

де $(1 - 0,25)$ – коефіцієнт, що враховує норму відрахувань від прибутку до бюджету;

$П_n$ – прибуток в базовому варіанті;

$П_c$ – прибуток з урахуванням запровадження нововведення.

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)

Танкер «Emerald Star» стоїть під розвантаженням у порту Південний (Україна) біля причалу № 9 перевантажувального комплексу аміаку. Отримано повідомлення надзвичайної ситуації терористичного характеру на території берегового сховища: внаслідок вибуху зруйновано необвалована ємність зі зрідженим газом. В результаті інциденту стався розлив аміаку, що є сильнотоксичною отруйною речовиною (СДОР). Кількість разливу СДОР – 330 т, характер разливу – «вільно». Метеорологічні умови на момент аварії: час доби – день, 11.00, температура повітря 20°, швидкість вітру 0,5 м / с, вітер – зустрічний, суцільна хмарність. Відстань від судна до місця аварії – 2 км. Характер місцевості - промислова забудова і територія порту. На території порту об'явлена терористична загроза.

Виконати оперативний прогноз хімічної обстановки на час через 1:00 після аварії. Запропонувати заходи щодо зменшення можливих втрат серед екіпажу судна.

Визначити стандартні робочі процедури при отриманні попередження про загрозу вибуху на території портового споруди, що взаємодіє з судном.

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 «Охоронні заходи і цивільна оборона на судні» дипломних робіт).

1) Визначення ступеня вертикальної стійкості повітря.

За заданими метеорологічними умовами (час доби – день, швидкість вітру 0,5 м/с, суцільна хмарність) за допомогою таблиці 7.1 визначаємо: на момент виникнення надзвичайної ситуації ступінь 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	<u>ізотермія</u>	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.

Еквівалентна кількість Q_{el} (т) речовини у первинній хмарі визначається за формулою:

$$Q_{e1} = K_1 \cdot K_3 \cdot K_5 \cdot K_7^1 \cdot Q_0 \quad (7.1)$$

$$Q_{e1} = 0,18 \cdot 0,04 \cdot 0,23 \cdot 1 \cdot 330 = 0,55 \text{ т},$$

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

$K_3 = 0,04$ – коефіцієнт, рівний відношенню порогової токсодози хлору до порогової токсодози СДОР (табл. 7.2);

K_5 – коефіцієнт, враховуючий рівень вертикальної стійкості повітря (для ізотермії приймається рівним 0,23)

$K_7 = 1$ – коефіцієнт, враховуючий вплив температури повітря на швидкість виникнення первинної хмари (табл. 7.2);

$Q_0 = 330 \text{ т}$ – кількість виходу (розливу) СДОР.

Таблиця 7.2 – Характеристики СДОР і значення допоміжних коефіцієнтів

Найменування СДОР	Щільність СДОР, т/м³		Температура кипіння, °С	Порогова токсодоза, мг·хв/л	Значення допоміжних коефіцієнтів			
	Газ	Рідина			K1	K2	K3	K7 для температури повітря (°С)
								20
Аміак	0,0008	0,681	-33,4	15	0,18	0,025	0,04	1 / 1

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

Площа розливу S_p (м²) СДОР дорівнює:

$$S_p = \frac{V_p}{h} = \frac{Q_0/\rho}{h} \quad (7.2)$$

$$S_p = 330 / 0,681 / 0,05 = 4495 \text{ м}^2,$$

де V_p – об'єм СДОР, що розлився, м³;

$Q_0 = 330 \text{ т}$ – кількість СДОР, що розлився при аварії;

$\rho = 0,681 \text{ т/м}^3$ – щільність аміаку (табл. 7.2);

$h = 0,05 \text{ м}$ – товщина шару СДОР (для характеру розливу – «вільно»).

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) СДОР:

$$T = \frac{h \cdot \rho}{K_2 \cdot K_4 \cdot K_7^{II}} + \frac{1}{K_M + v_n} \quad (7.3)$$

$$T = \frac{0,05 \cdot 0,681}{0,025 \cdot 1 \cdot 1} + \frac{1}{0,2 \cdot 6} = 1,36 + 0,83 = 2 \text{ год } 12 \text{ хв},$$

де $K_2 = 0,025$ – коефіцієнт, що залежить від фізико-хімічних властивостей СДОР (табл. 7.2);

$K_4 = 1$ – коефіцієнт, що враховує швидкість вітру (табл. 7.3);

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

$K_M = 0,2$ – коефіцієнт, що враховує вплив місцевості на швидкість поширення хмари СДОР (табл. 7.4);

$v_n = 6 \text{ км/год}$ – швидкість перенесення переднього фронту хмари зараженого повітря (табл. 7.5).

Таблиця 7.3 – Значення коефіцієнта K_4 залежно від швидкості вітру

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

Таблиця 7.4 – Значення коефіцієнта K_M залежно від впливу характеру місцевості

Рельєф місцевості, вид рослинності і забудови	Вертикальна стійкість повітря		
	конвекція	ізотермія	інверсія
Територія порту	0,2	<u>0,2</u>	0,3

Таблиця 7.5 – Швидкість (км/год) перенесення v_n переднього фронту хмари зараженого повітря залежно від швидкості вітру

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

Розраховуємо еквівалентну кількість хлору Q_{e2} (т) у вторинній хмарі:

$$Q_{e2} = (1 - K_1) \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot K_7^{\text{II}} \cdot \frac{Q_0}{h \cdot \rho} \quad (7.4)$$

$$Q_{e2} = (1 - 0,18) \cdot 0,025 \cdot 0,04 \cdot 1 \cdot 0,23 \cdot 1 \cdot 1 \cdot \frac{330}{0,05 \cdot 0,681} = 1,83 \text{ т,}$$

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

$K_3 = 0,04$ – коефіцієнт, що дорівнює відношенню порогової токсодози хлору до порогової токсодози аміаку (табл. 7.2);

$K_5 = 0,23$ – коефіцієнт, який враховує ступень вертикальної стійкості повітря для ізотермії (табл. 7.1);

$K_6 = N^{0,8} = 1^{0,8} = 1$ – 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) хмарою СДОР при аваріях на технологічних місткостях, сховищах і транспорті визначаємо за допомогою таблиці 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 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
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

Первинна хмара $Q_{e1} = 0,55$ т та швидкості вітру $u = 0,5$ м/с глибина зони зараження буде дорівнювати: $\Gamma_1 = 0,88$ км.

Для $Q_{e2} = 1,83$ т та швидкості вітру $u = 0,5$ м/с визначаємо глибину зони зараження вторинною хмарою СДОР: $\Gamma_2 = 6,59$ км.

Визначаємо повну глибину зони зараження Γ_Σ (км), що обумовлена дією первинної і вторинної хмари СДОР:

$$\Gamma_\Sigma = \Gamma' + 0,5 \cdot \Gamma'' \quad (7.5)$$

$$\Gamma_\Sigma = 6,59 + 0,5 \cdot 0,88 = 7,03 \text{ км,}$$

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

Визначаємо гранично можливе значення глибини перенесення повітряних мас Γ_n (км):

$$\Gamma_n = N \cdot v_n, \quad (7.6)$$

$$\Gamma_n = 1 \cdot 6 = 6 \text{ км.}$$

За остаточну розрахункову глибину зони зараження Γ (км) приймаємо менше з двох порівнюваних між собою значень Γ_Σ і Γ_n :

$$\Gamma = \min(7,03; 6) = 6,0 \text{ км}$$

Визначаємо площу зони можливого зараження S_g (км²) хмарою СДОР:

$$S_g = \pi \cdot \Gamma^2 \cdot \varphi / 360^\circ \quad (7.7)$$

$$S_g = 3,14 \cdot 6^2 \cdot 360^\circ / 360^\circ = 113 \text{ км}^2,$$

де $\Gamma = 6$ км – розрахункова глибина зони зараження;

$\varphi^\circ = 360^\circ$ – кутовий розмір зони зараження (табл. 7.7).

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	<u>360</u>	180	90	<u>45</u>

Визначаємо площу зони фактичного зараження S_ϕ (км²):

$$S_\phi = K_g \cdot \Gamma^2 \cdot N^{0,2} \quad (7.8)$$

$$S_\phi = 0,133 \cdot 6^2 \cdot 1^{0,2} = 4,79 \text{ км}^2,$$

де K_g – коефіцієнт, що залежить від ступеня вертикальної стійкості повітря (при ізотермії $K_g = 0,133$).

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

Територія можливого хімічного зараження становить собою сектор, що має кутовий розмір $\varphi = 360^\circ$ (табл. 7.7) і радіус, який дорівнює значенню розрахунковій глибині зони зараження $\Gamma = 6$ км. Центр сектора співпадає з джерелом зараження – місцем розливу СДОР. Бісектриса сектора співпадає з віссю сліду хмари та орієнтована по напрямку вітру.

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

Розраховуємо глибину зони смертельних уражень Γ (км):

$$\Gamma_l = \lambda \cdot K_m \cdot \left(\frac{Q_e}{D_l}\right)^\psi \quad (7.9)$$

$$\Gamma_l = 3,73 \cdot 0,2 \cdot \left(\frac{2,38}{6}\right)^{0,606} = 0,43 \text{ км},$$

де $\lambda = 3,73$, $\psi = 0,606$ – коефіцієнти, що залежать від швидкості вітру (табл. 7.8);

$Q_e = Q_{e1} + Q_{e2} = 0,55 + 1,83 = 2,38$ т – загальна еквівалентна кількість СДОР, що перейшла в первинну і вторинну хмару, т;

$D_l = 6$ мг·хв/л – летальна токсодоза хлору.

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	<u>3,73</u>	2,31	1,80	1,52	1,34	1,20	1,11	0,92
ψ	<u>0,606</u>	0,580	0,563	0,551	0,542	0,537	0,531	0,515

Розраховуємо глибину зони важких уражень $\Gamma_{0,4l}$ (км):

$$\Gamma_{0,4l} = \lambda \cdot K_m \cdot \left(\frac{Q_e}{D_{0,4l}}\right)^\psi \quad (7.10)$$

$$\Gamma_{0,4l} = 3,73 \cdot 0,2 \cdot \left(\frac{2,38}{2,4}\right)^{0,606} = 0,74 \text{ км},$$

де $D_{0,4l} = 2,4$ мг·хв/л – значення токсодози, що відповідає 40% летальної токсодози хлору.

Розраховуємо глибину зони уражень середньої важкості $\Gamma_{0,2l}$ (км):

$$\Gamma_{0,2l} = \lambda \cdot K_M \cdot \left(\frac{Q_e}{D_{0,2l}} \right)^\psi \quad (7.11)$$

$$\Gamma_{0,2l} = 3,73 \cdot 0,2 \cdot \left(\frac{2,38}{1,2} \right)^{0,606} = 1,13 \text{ км},$$

де $D_{0,2l} = 1,2$ мг·хв/л – значення токсодози, що відповідає 20% летальної токсодози хлору.

Глибина зони легких уражень відповідає значенню розрахункової глибини зони зараження $\Gamma = 6$ км.

6) Визначення часу підходу зараженого повітря до об'єкту.

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

$$t = \frac{x}{K_M \cdot v_{\Pi}} \quad (7.12)$$

$$T = 2 / (0,2 \cdot 6) = 1,66 \text{ год} \approx 1 \text{ год } 40 \text{ хв},$$

де $x = 2$ км – відстань від джерела зараження до заданого об'єкта, км.

7.1.3 Висновки та рекомендовані заходи зменшення людських втрат

Проведена оцінка масштабів хімічного зараження території в результаті аварійного розливу аміаку біля танкеру «Emerald Star» показала, що хмара зараженого повітря досягне межі житлової надбудови судна, де укритися екіпаж, через 1 год 40 хв. В результаті утворення зони хімічного зараженого приміщення надбудови судна, де знаходиться екіпаж судна, потрапляють в зону легких уражень, що у свою чергу є загрозою для життя моряків.

При досить швидкому підході зараженого повітря до житлової надбудови дія вражаючих концентрацій хмари може тривати майже 2 години. Слабка сила

вітру (0,5 м/с) забезпечує збереження вражаючих концентрацій на глибині до 7 км.

Для зменшення людських втрат пропонується виконати наступні заходи:

- якнайскоріше прибрати усіх людей з палуби всередину надбудови судна;
- по можливості максимально герметизувати усі приміщення в надбудові судна, в яких укритися екіпаж;
- використати наявні на судні дихальні апарати, при цьому забезпечити контроль часу знаходження людей в апаратах (захисна дія дихальних апаратів обмежена часом у 30 хв);
- по можливості розгорнути судно за вітром, щоб хмара зараженого повітря рухалася в бік від надбудови судна;
- встановити контроль концентрації СДОР на відкритому повітрі і в повітрі приміщень судна;
- підготувати екіпаж до можливої евакуації.

7.2 Розподіл обов'язків та відповідальності щодо забезпечення охорони судна

Розподіл обов'язків і відповідальності членів екіпажу, залучених до забезпечення охорони судна, визначається наказом капітана. Насамперед це стосується вахтового помічника капітана та персоналу палубної вахти, вахтового механіка та машинної вахти, а також осіб, відповідальних за обладнання чи приміщення за своїм завідуванням.

Основним елементом виконання екіпажем функцій із забезпечення охорони судна є суднова вахтова служба. Вахтовий помічник капітана є старшим вахтовим начальником і керує роботою вахти. Він підпорядковується виключно капітану та несе відповідальність за безпечну експлуатацію судна. З питань охорони судна вахтовий помічник додатково підзвітний особі

командного складу, відповідальній за охорону судна, і виконує покладені на нього обов'язки.

Обов'язки та відповідальність вахтового помічника капітана:

- забезпечує безперервне несення радіовахти та регулярно перевіряє працездатність засобів зв'язку;
- у разі отримання адміністративного повідомлення про зміну рівня охорони негайно інформує капітана та офіцера з охорони судна;
- разом з офіцером з охорони судна організовує виконання заходів охорони відповідно до встановленого рівня, залучаючи за потреби додатковий персонал;
- контролює ефективність реалізації заходів охорони, передбачених планом охорони судна, та вживає заходів для усунення виявлених недоліків, доповідаючи про них капітану;
- організовує дії екіпажу, спрямовані на готовність судна до оперативного переходу на підвищені рівні охорони (2 або 3);
- проводить інструктаж вахтового персоналу щодо вимог охорони та керує його діями.

Вахтовий механік очолює машинну вахтову службу та підпорядковується вахтовому помічнику капітана. Він відповідає за контроль та управління судновою енергетичною установкою та технічними засобами. У питаннях охорони судна вахтовий механік також підзвітний офіцеру з охорони судна й виконує покладені на нього обов'язки.

Обов'язки та відповідальність вахтового механіка:

- виконує вказівки вахтового помічника капітана та офіцера з охорони судна щодо підтримання встановленого рівня охорони або переходу на новий рівень;
- організовує виконання заходів охорони в межах машинної вахти відповідно до плану охорони судна;
- доповідає про всі виявлені недоліки та невідповідності й вживає заходів для їх усунення;

– проводить інструктаж персоналу машинної вахти щодо вимог охорони та координує його дії.

Загальне керівництво з усіх питань, що стосуються забезпечення охорони судна, здійснює особа командного складу, призначена відповідальною за охорону судна (офіцер з охорони судна). Він підзвітний капітану та координує роботу екіпажу в межах покладених на нього функцій.

Обов'язки щодо охорони включаються до кола існуючих службових функцій членів екіпажу та виконуються паралельно з їхніми основними професійними обов'язками.

ВИСНОВОК

Пожежна безпека Ro-Ro суден значною мірою визначається характером вантажу, що перевозиться, та швидкістю реагування екіпажу на початкові ознаки несправностей у транспортних засобах. Збільшення частки електромобілів та інших транспортних засобів на альтернативних видах палива змінює профіль пожежних ризиків і потребує адаптації як технічних систем судна, так і процедур, що застосовуються під час експлуатації. Аналіз нормативної бази та аварійної практики показує, що наявні обов'язкові вимоги SOLAS та FSS Code забезпечують базовий рівень захисту, однак не враховують специфічних особливостей нових видів вантажів.

У ході роботи проведено огляд міжнародних рекомендацій, практичних прикладів та інженерних рішень, спрямованих на підвищення ефективності виявлення і гасіння пожеж у вантажних приміщеннях Ro-Ro суден. Виявлено ключові обмеження традиційних систем пожежної сигналізації та стаціонарних установок. На основі отриманих результатів сформульовано комплекс пропозицій, які можуть бути впроваджені на діючому флоті: уточнення зонування систем виявлення, застосування комбінованих датчиків та тепловізійного моніторингу, удосконалення роботи дренчерних систем та процедур керування вентиляцією, а також оновлення організаційних заходів і планів аварійного реагування.

Запропоновані рекомендації не суперечать чинним міжнародним вимогам і можуть бути враховані під час оновлення внутрішніх процедур, планування завантаження та підготовки екіпажу. Їх впровадження сприятиме ранньому виявленню небезпечних процесів, зниженню ризику масштабних пожеж і підвищенню безпеки перевезення сучасних транспортних засобів на Ro-Ro судах. Подальший практичний досвід допоможе уточнювати ці заходи та адаптувати нормативні вимоги до реальних умов експлуатації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Методичні вказівки для виконання магістерської роботи / Укл. І.І. Ворохобін та ін. – Одеса: НУОМА, 2023. – 96 с.
2. Міжнародна Конвенція з охорони людського життя на морі 1974 р. (SOLAS-74)
3. Конвенція та кодекс з підготовки і дипломування моряків та несення вахти (STCW-78 з поправками).
4. Резолюція ІМО А.893 (21) – 1999 р. «Керівні принципи планування рейсу»
5. Рекомендації по організації штурманської служби на морських судах України – 1998 р.
6. Bridge Procedures Guide, 5th Edition, 2016
7. Bridge Team Management, 2nd Edition, 2004
8. NP 131 Catalogue of Admiralty Charts and Publications
9. NP281 Admiralty List of Radio Signals. Volume 1 – Maritime Safety Information Services
10. NP282 Admiralty List of Radio Signals. Volume 2 – Radio Navigation Aids, Electronic Position Fixing System and Radio Time Signals and Electronic Position Fixing System
11. NP283 Admiralty List of Radio Signals. Volume 3 – Maritime Safety Information Services
12. NP284 Admiralty List of Radio Signals. Volume 4 – Lists of Meteorological Observation Stations
13. NP285 Admiralty List of Radio Signals. Volume 5 – Global Maritime Distress and Safety System (GMDSS)
14. NP286 Admiralty List of Radio Signals. Volume 6 – Pilots, VTS, Ports

15. World Ocean Atlas 2023 (WOA23) [Електронний ресурс] / National Centers for Environmental Information (NCEI), NOAA [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.ncei.noaa.gov/products/world-ocean-atlas>
16. NP01 - NP72 Sailing Directions (Pilots).
17. Guide to Port Entry. – 2013/2014 edition. – Reigate : Shipping Guides Ltd., 2013. – 2 vols. – 3800 p.
18. NP314 The Nautical Almanac.
19. NP 203 Admiralty Tide Tables.
20. NP100 The Mariners Handbook.
21. NP136 Ocean Passages for the World.
22. Code of Safe Practice for Cargo Stowage and Securing (CSS Code).
23. International Maritime Dangerous Goods Code (IMDG Code).
24. MGN 621 roll-on/roll-off Ships - guidance for the stowage and securing of vehicles.
25. Резолюція ІМО А.581(14) «Керівництво з пристрів для кріплення автотранспортних засобів при перевезенні їх на судах Ро-Ро».
26. Резолюція ІМО А.489(XII) «Керівництво з безпечного укладання і кріплення укрупнених і інших вантажних місць на судах, інших ніж ячеїсті контейнеровози».
27. Кодекс практики ІМО/МОТ/ООН з укладання вантажів у вантажні транспортні одиниці (Кодекс ГТЕ).
28. Резолюція ІМО MSC.479(102) «Переглянуте керівництво з пристроїв кріплення для автотранспортних засобів при перевезенні їх на судах ро-ро».
29. International convention on Load Lines, 1966/1988.
30. Final Stability Manual "34 000m² PCTC, Viking Emerald", 2013.
31. Adoption of the International Code on Intact Stability, 2008 (2008 IS Code).
32. MARPOL - International Convention for the Prevention of Pollution from Ships Amended by Resolution MEPC.111(50), MEPC.115(51), MEPC.116(51).

33. Резолюція ІМО А.714(17) «Кодекс безпечної практики розміщення та кріплення вантажу».
34. Циркуляр ІМО MSC.I/Circ.1353 «Керівництво з розробки Настанов з кріплення вантажів».
35. Резолюція ІМО А.533(13) «Фактори, які необхідно враховувати при забезпеченні безпечної укладки і кріплення укрупнених вантажних місць і транспортних засобів на судах».
36. Особливості роботи на судах типу Ro-Ro [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://jobmarineman.com/ru/features-of-work-on-vessels-of-the-roro-type-and-what-crewing-services-work-with-them/>
37. FSS Code (Fire Safety Systems Code).
38. Аycı T., Barlas B., Olcer A. I. Evaluation on fire incident of electric vehicle spaces onboard ferries with using fire dynamics simulations. *Journal of Thermal Engineering*. — 2025. — Vol. 11, № 2. — P. 434–447.
39. Sun P., Bisschop R., Niu H., Huang X. A review of battery fires in electric vehicles. *Fire Technology*. 2020. Vol. 56. P. 1361–1410.
40. European Commission. Joint Research Centre. Guidance of Fire Safety for Electric Vehicles Parked in Covered Garages. Technical report MI0125004ENN. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2024–2025. 78 p.
41. International Union of Marine Insurance (IUMI). Best Practices for the Carriage of Electric Vehicles on Ro-Ro Vessels. Hamburg: IUMI, 2023. 28 p.
42. International Union of Marine Insurance (IUMI). Best Practices for the Carriage of Alternative Fuel Vehicles (AFVs) and Electric Vehicles (EVs) on Ro-Ro Vessels. Hamburg: IUMI, 2025. 32 p. Updated edition.
43. Nippon Kaiji Kyokai (ClassNK). Guidelines for the Safe Transport of Electric Vehicles on Ro-Ro and Ro-Pax Ships. Tokyo: ClassNK, 2023. 54 p.
44. International Code of Safety for Ships Using Gases or Other Low-flashpoint Fuels (IGF Code).

45. European Maritime Safety Agency (EMSA). Guidance on the Carriage of Alternative Fuel Vehicles (AFVs) in Ro-Ro Spaces of Cargo and Passenger Ships. – Lisbon: EMSA, 2022. – 64 p.
46. European Maritime Safety Agency (EMSA). Guidance on the carriage of AFVs in RO-RO spaces. – Lisbon: EMSA, 2025. – 1.2 version. – 30 p.
47. Kallada S. Managing EV Fire Risks on Ro-Ro Vessels – Key Guidelines. Technical brief. London: Maritime Safety Innovation Lab, 2025. 24 p.
48. Hynynen J., Willstrand O., Blomqvist P., Andersson P. Analysis of combustion gases from large-scale electric vehicle fire tests. *Fire Safety Journal*. 2023. Vol. 163. Art. 103829
49. Permanent Commission for the Investigation of Maritime Accidents (CIAIM). Final Report on the Fire on Board the Ro-Pax “Sorrento”, 28 April 2015. Madrid: CIAIM, 2018. 112 p.
50. Gard P&I. Car carrier fires – emerging risks and lessons learned. Arendal: Gard P&I Club, 2020. 18 p.
51. National Transportation Safety Board (NTSB). Report MAR-22/03: Fire aboard Vehicle Carrier Höegh Xiamen, Jacksonville, Florida, June 4, 2020. Washington, DC: NTSB, 2022. 140 p.
52. European Maritime Safety Agency (EMSA). Annual Overview of Marine Casualties and Incidents 2023. Lisbon: EMSA, 2023. 80 p.
53. Dutch Safety Board (DSB). Preliminary Report on the Fire aboard Fremantle Highway, North Sea, July 2023. The Hague: DSB, 2023. 22 p.
54. Lloyd’s List. Morning Midas fire: EV cargo again under scrutiny. 2025.
55. IMO, *Guidelines on the Application of the Formal Safety Assessment (FSA)*, MSC-MEPC.2/Circ.12/Rev.2
56. Вінніков В.В. Економіка підприємства морського транспорту (Економіка морських перевезень): - 3 видавництва, перероб. дод. - О.: Фенікс, 2011.
57. Дем’янченко А.Г., Сотниченко Л.Л. Вдосконалення організаційно-економічного механізму управління розвитком підприємств морської галузі / кол. монографія за ред. А. Г. Дем’янченко. – Одеса: НУ «ОМА».

58. Пожарная безопасность на морском транспорте. Ассоров Ф.Г., Шпиков Б.И. Изд-во «Транспорт», 1974. - 280с.
59. Баскаков С.П. Перевозка сжиженных газов морем: навчальний посібник. - СПб.: Судостроение, 2001. - 272с.
60. Волошин А.А. Охрана судов и портовых средств: Учебное пособие. – Одесса, 2009. – 127 с. 2. Басанец Н.Г.
61. International Ship and Port Facility Security Code, ISPS Code.