

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

Навчально-науковий інститут навігації

Кафедра судноводіння

ДИПЛОМНА РОБОТА МАГІСТРАНТА

Спеціальність 271 Морський та внутрішній водний транспорт

Спеціалізація 271.01 Навігація і управління морськими суднами

ПОТАПОВ ІГОР ДМИТРОВИЧ

(прізвище, ім'я по батькові)

Тема роботи: "Комплексне опрацювання та дослідження етапів переходу судна «Рорей» за маршрутом Ньюкасл – Вунг Тау (Newcastle – Vung Tao)"

Підпис магістранта _____

Завідуючий кафедрою _____

Керівник _____

Рецензент _____

Нормоконтроль _____

м. Одеса

2025 рік

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ОДЕСЬКА МОРСЬКА АКАДЕМІЯ»

Навчально-науковий інститут навігації

Кафедра судноводіння

Спеціалізація 271.01 Навігація і управління морськими суднами

"ЗАТВЕРДЖУЮ"

Завідуючий кафедрою

_____ " ____ " _____ 20__ р

З А В Д А Н Н Я

по дипломній роботі магістранта

ПОТАПОВ ІГОР ДМИТРОВИЧ

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: "Комплексне опрацювання та дослідження етапів переходу судна «Рорей» за маршрутом Ньюкасл – Вунг Тау (Newcastle – Vung Tao)"
затверджена наказом по академії від “ ____ ” _____ 20__ р. № _____
2. Строк здачі курсантом закінченої роботи ____ " ____ " _____ 20__ року
3. Вхідні дані до роботи:
 1. Методичні вказівки для виконання магістерської роботи / Укл. І.І. Ворохобін та ін. – Одеса: НУОМА, 2023. – 96 с.
 2. Stability booklet of m/v "Roreye"
 3. Nautical Publications
 4. IMO MSC.1/Circ.1638.
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. Інтелектуальні методи автоматичного виявлення морських навігаційних небезпек
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 (визначається кафедрою)	ПІБ консультанта	Підпис і дата
1. Характеристики судна		
2. Аналіз, оцінка та планування навігаційного переходу		
3. Обробка та розміщення вантажів		
4. Оцінка морехідних якостей судна		
5. Інтелектуальні методи автоматичного виявлення морських навігаційних небезпек		
6. Розрахунок економічних показників роботи судна в рейсі		
7. Охоронні заходи та цивільна оборона на судні		

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	Інтелектуальні методи автоматичного виявлення морських навігаційних небезпек		
6	Розрахунок економічних показників роботи судна в рейсі		
7	Охоронні заходи та цивільна оборона на судні		

8. Дата видачі завдання _____

Керівник _____ Завдання до виконання прийняв _____

АНОТАЦІЯ

Магістерська робота містить 156 с., 23 рис., 45 табл., 44 використаних джерела.

Магістерська робота присвячена аналізу та узагальненню інтелектуальних методів автоматичного виявлення морських навігаційних небезпек у традиційному судноводінні та в умовах розвитку автономних суден. Розглянуто еволюцію навігаційних засобів спостереження, сучасні моделі комп'ютерного зору й машинного навчання, а також системи багатосенсорної інтеграції для автоматичного виявлення об'єктів на морі. Оцінено основні ризики застосування автоматизованих систем, сформульовано вимоги до сучасної системи виявлення небезпек та наведено практичні рекомендації щодо її побудови, інтеграції в навігаційний комплекс судна та експлуатації з метою підвищення безпеки судноплавства.

В роботі виконано комплексне опрацювання та дослідження етапів переходу т/х «POPEYE» за маршрутом «Ньюкасл – Вунг Тау» з вантажем вугілля.

Виконано детальний аналіз переходу зі сторони навігаційного планування, розміщення вантажів, оцінки морехідних якостей, а також з економічної сторони.

Ключові слова: автоматичне виявлення небезпек, автономні судна, багатосенсорна інтеграція, безпека судноплавства, комп'ютерний зір.

ABSTRACT

The Master's thesis contains 156 pages, 23 pictures, 45 tables and 44 sources.

The thesis is devoted to the analysis and generalisation of intelligent methods for automatic detection of marine navigational hazards in conventional ship navigation and in the context of developing autonomous vessels. The evolution of navigational surveillance systems, modern computer vision and machine learning models, as well as multisensor integration systems for automatic detection of objects at sea is considered. The main risks associated with the use of automated systems are assessed, requirements for a modern hazard detection system are formulated, and practical recommendations are provided for its design, integration into the ship's navigational complex and operation in order to improve the safety of navigation.

In the thesis a comprehensive study of the stages of the passage of the m/v "POPEYE" on the route "Newcastle – Vung Tao" with a coal cargo was performed. A detailed analysis of the voyage is performed from the viewpoint of navigational planning, cargo stowage, assessment of seaworthiness, as well as from an economic perspective.

Key words: automatic hazard detection, autonomous vessels, multisensor integration, safety of navigation, computer vision.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

AIS – автоматична ідентифікаційна система (Automatic Identification System);

ALRS – Admiralty List of Radio Signals;

BM – згинальний момент (Bending Moment) ;

CNN – згорткова нейронна мережа (Convolutional Neural Network) ;

ДСО – діаграма статичної остійності;

ENC – електронна навігаційна карта (Electric Nautical Chart) ;

GMDSS – Global Maritime Distress and Safety System;

LiDAR – оптичний далекомір із визначенням відстані світлом (Light Detection and Ranging) ;

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

MASS – морські автономні надводні судна (Maritime Autonomous Surface Ships) ;

NAVAREA – морський географічний район (Navigational Area) ;

NAVTEX – міжнародна автоматизована система оповіщення (Navigational Telex) ;

SF – перерізуюча сила (Shear Force) ;

USV – безпілотний надводний апарат (Unmanned Surface Vehicle) ;

VHF – ультракороткі хвилі (Very High Frequency) ;

TSS – система управління рухом суден (Traffic Separation Scheme) ;

YOLO – архітектура швидкої детекції об'єктів (You Only Look Once) ;

Θ_m – кут крену, що відповідає максимуму ДСО, °;

ЗНЗ – засіб навігаційного забезпечення;

IMO – Міжнародна морська організація (International Maritime Organization) ;

РЛС – радіолокаційна станція;

СУРС – служба управління рухом суден (Vessel Traffic Service).

ЗМІСТ

ВСТУП.....	11
РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКИ СУДНА.....	14
1.1 Загальні відомості і головні розміри судна.....	14
1.2 Транспортно-експлуатаційні характеристики судна.....	16
1.3 Маневрені характеристики.....	20
1.4 Навігаційне обладнання.....	24
1.5 Забезпечення непотоплюваності	26
РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ, ОЦІНКА ТА ПЛАНУВАННЯ НАВІГАЦІЙНОГО ПЕРЕХОДУ	27
2.1 Загальні вимоги до аналізу та планування навігаційного переходу	27
2.2 Оцінка запланованого переходу	29
2.2.1 Підготовка для прийому та обміну навігаційною інформацією на переході	32
2.2.2 Збір та аналіз гідрометеорологічної інформації	34
2.2.3 Збір та аналіз навігаційної інформації при прибережному плаванні .	39
2.3 Навігаційні розрахунки для забезпечення безпеки плавання.....	46
2.3.1 Розрахунок ортодромії	46
2.3.2 Складання маршрутних листів	48
2.3.3 Графічний план переходу.....	48
2.3.4 Розрахунок природної освітленості	51
2.3.5 Розрахунок висот приливів та побудова графіків приливів	52
2.4 Висновки	54
РОЗДІЛ 3. ОБРОБКА ТА РОЗМІЩЕННЯ ВАНТАЖІВ	57
3.1 Транспортні характеристики вантажів	57
3.2 Підготовка вантажних приміщень до прийому вантажів та документальне оформлення морського перевезення	60
3.3 Розрахунок чистої вантажопідйомності судна.....	63

3.4	Складання вантажного плану.....	68
3.5	Характеристика експлуатаційних умов рейсу	70
РОЗДІЛ 4 ОЦІНКА МОРЕХІДНИХ ЯКОСТЕЙ СУДНА.....		74
4.1	Розрахунок водотоннажності й координат центра ваги судна	74
4.2	Розрахунки посадки і початкової остійності.....	79
4.3	Контроль остійності за матеріалами Інформації	81
4.4	Розрахунок і побудова діаграм остійності.....	82
4.5	Розрахунки нормованих параметрів остійності	86
4.6	Перевірка виконання рекомендованих ІМО критеріїв остійності	88
4.7	Контроль загальної поздовжньої міцності судна.....	89
4.8	Висновки	91
РОЗДІЛ 5. ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ МЕТОДИ АВТОМАТИЧНОГО ВІЯВЛЕННЯ МОРСЬКИХ НАВІГАЦІЙНИХ НЕБЕЗПЕК		92
5.1	Теоретичні основи інтелектуальних систем виявлення морських навігаційних небезпек.....	92
5.1.1	Історичні передумови та розвиток засобів виявлення навігаційних небезпек.....	92
5.1.2	Етапи становлення автономного судноводіння	93
5.1.3	Моделі та підходи до опису навігаційної обстановки у системах виявлення небезпек	97
5.1.4	Інтелектуальні методи розпізнавання морських об'єктів та їхній розвиток у контексті навігаційної безпеки.....	99
5.1.5	Багатосенсорні системи та інтеграція навігаційних даних у сучасній практиці судноводіння.....	101
5.1.6	Узагальнення тенденцій розвитку	102
5.2	Аналіз сучасних методів виявлення навігаційних небезпек у системах автономного судноводіння.....	104
5.2.1	Сучасні архітектури машинного навчання у задачах виявлення морських навігаційних небезпек	104

5.2.2 Порівняльний аналіз методів комп'ютерного зору та машинного навчання у виявленні морських навігаційних небезпек.....	107
5.2.3. Аналіз ефективності та обмежень систем багатосенсорної інтеграції	111
5.2.4 Стійкість інтелектуальних методів до несприятливих умов та виявлення малих, слабоконтрастних і дрейфуючих об'єктів.....	113
5.2.5 Оцінка ризиків, що виникають при застосуванні автоматизованих систем у навігації	115
5.2.6 Вимоги до сучасної системи автоматичного виявлення небезпек у контексті автономних суден	117
5.3 Напрями вдосконалення систем автоматичного виявлення морських небезпек.....	119
5.3.1 Концептуальні принципи побудови сучасної судноводної системи виявлення небезпек	119
5.3.2 Оцінка придатності методів розпізнавання об'єктів для різних умов мореплавства.....	120
5.3.3 Методи вдосконалення систем автоматичного виявлення морських небезпек.....	123
5.3.4 Висновки	125
РОЗДІЛ 6 РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ СУДНА В РЕЙСІ.....	127
6.1 Загальна частина.....	127
6.2 Розрахунок кількісних експлуатаційно-економічних показників роботи судна в рейсі.....	130
6.3 Розрахунок якісних експлуатаційно-економічних показників роботи судна в рейсі.....	134
6.4 Прогнозування роботи судна за експлуатаційний період.....	136
6.5 Оцінка ефективності виконаного рейсу і роботи судна за експлуатаційний період	138

7. ОХОРОННІ ЗАХОДИ І ЦИВІЛЬНА ОБОРОНА НА СУДНІ	142
7.1 Прогнозування наслідків надзвичайної ситуації на об'єкті морського транспорту.....	142
7.1.1 Вихідні дані (сценарій виникнення надзвичайної ситуації на об'єкті морського транспорту)	142
7.1.2 Оцінка масштабів хімічного зараження території.....	143
7.1.3 Висновки і рекомендовані заходи для зменшення людських втрат .	150
7.2 Заходи контролю доступу задля забезпечення охорони судна	150
ВИСНОВОК.....	152
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	153

ВСТУП

Актуальність теми. Зростання інтенсивності судноплавства, укрупнення розмірів суден, ускладнення конфігурації маршрутів та робота в районах із високою щільністю руху висувають підвищені вимоги до систем спостереження й оцінки навігаційної обстановки. Попри широке впровадження РЛС, ARPA, ECDIS та AIS, значна частина аварій і зіткнень усе ще пов'язана з людським фактором, перевантаженням інформацією та несвочасним виявленням небезпек, особливо малих і слабоконтрастних об'єктів. У цих умовах особливої актуальності набувають інтелектуальні методи комп'ютерного зору та машинного навчання, здатні обробляти великі масиви багатосенсорних даних у реальному часі та підтримувати прийняття рішень у складних гідрометеорологічних та навігаційних ситуаціях. Особливо важливим це є у розробці автономних і напіваавтономних суден, для яких автоматизовані системи сприйняття стають основним, а інколи єдиним засобом оцінки обстановки. Разом з тим відсутність усталених підходів до вибору моделей, побудови архітектур та інтеграції таких систем у судові навігаційні комплекси обмежує їх практичне застосування й потребує поглибленого аналізу.

Мета роботи. Метою даної магістерської роботи є підвищення рівня безпеки судноводіння шляхом узагальнення, аналізу та вдосконалення інтелектуальних методів автоматичного виявлення морських навігаційних небезпек, а також формування концептуальних підходів до їх використання в складі сучасних судових навігаційних систем і перспективних автономних платформ.

Завдання дослідження. Для досягнення поставленої мети в роботі передбачено розв'язання таких основних завдань:

- проаналізувати історичний розвиток засобів спостереження за навігаційною обстановкою (РЛС, ARPA, AIS, ECDIS) та визначити їхні ключові обмеження з точки зору виявлення небезпек;

- розглянути етапи становлення концепції автономного судноводіння і вимоги, які вона формує до систем автоматичного сприйняття обстановки;
- узагальнити існуючі математичні, інформаційні, імітаційні та когнітивні моделі опису навігаційної обстановки у задачах виявлення небезпек;
- проаналізувати сучасні методи комп'ютерного зору та машинного навчання (CNN, моделі типу YOLO, Transformer-архітектури, гібридні й мультисенсорні підходи) у контексті виявлення суден, малих, слабоконтрастних і дрейфуючих об'єктів;
- оцінити ефективність і обмеження систем багатосенсорної інтеграції, а також стійкість інтелектуальних методів до несприятливих гідрометеорологічних умов;
- виявити основні ризики, пов'язані із застосуванням автоматизованих та інтелектуальних систем у навігації (технічні, інформаційні, організаційні, регуляторні);
- сформулювати вимоги до сучасної системи автоматичного виявлення небезпек у контексті автономних суден і розробити практичні рекомендації щодо вдосконалення архітектури, експлуатації та взаємодії таких систем з екіпажем.

Об'єкт дослідження. Процес забезпечення навігаційної безпеки морських суден у традиційному та автономному режимах судноводіння в умовах дії природних і техногенних навігаційних небезпек.

Предмет дослідження. Інтелектуальні методи, моделі та архітектурні рішення систем автоматичного виявлення морських навігаційних небезпек на основі багатосенсорних даних, а також принципи їх інтеграції у судові навігаційні комплекси та системи підтримки прийняття рішень.

Методи дослідження. У роботі використано методи аналізу та синтезу науково-технічної інформації, порівняльний аналіз існуючих технічних рішень, елементи системного підходу, логіко-структурне моделювання, аналіз типових навігаційних сценаріїв.

Практичне значення роботи. Результати магістерської роботи можуть бути використані: для обґрунтування вимог до перспективних систем автоматичного виявлення навігаційних небезпек на борту суден; під час модернізації існуючих суднових навігаційних комплексів і систем підтримки прийняття рішень; у процесі навчання курсантів і підвищення кваліфікації судноводіїв при вивченні питань використання інтелектуальних методів спостереження та оцінки навігаційної обстановки. Виконані узагальнення та запропоновані рекомендації сприяють підвищенню рівня ситуаційної обізнаності, зниженню ймовірності помилок, пов'язаних з людським фактором, та формують передумови для безпечного впровадження автономних і напіваавтономних технологій у морське судноплавство.

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. "POPEYE"
2.	Тип судна	Bulk carrier
3.	Позивний сигнал судна	C6GI7
4.	IMO №	9599078
5.	MMSI №	311001257
6.	Рік і місце будівництва	2013, TSUNEISHI GROUP (ZHOUSHAN) SHIPBUILDING INC.
7.	Клас реєстру	NS*(CSR, BC-A, BC-XII, GRAB 20, PSPC-WBT)(ESP)(IWS)(PSCM)(IHM) MNS*
8.	Порт приписки	Nassau, Bahamas
9.	Судновласник	SPINACH SHIPPING LTD.
10.	Менеджмент	ALBERTA SHIPMANAGEMENT LTD.
11.	Довжина найбільша, (L):	239,99 м
12.	Довжина між перпендикулярами, ($L_{\perp\perp}$):	236,00 м
13.	Ширина найбільша, (B):	38,00 м
14.	Висота борту до верхньої палуби, (H):	5,529 м
15.	Осадка судна, (T): в повному вантажу порожньому	14,479 м 6,005 м
16.	Водотоннажність: в повному вантажу Δ : порожньому Δ_0 :	113 516,0 т 14 786,0 т
17.	Повна вантажопідйомність Δ_w :	98 730,0 т

Продовження Таблиці 1.1

1	2	3
18.	Головний двигун: тип потужність частота обертання	MITSUI MAN B&W 6S60MC-C (MARK 7) 10 800 kW 93,8 rpm
19.	Режим роботи головного двигуна	Full sea ahead – 93,8 об./хв Full ahead – 75 об./хв Half ahead – 62 об./хв Slow ahead – 41 об./хв Dead slow ahead – 35 об./хв
20.	Швидкість судна (у вантажі / у баласті)	Full ahead – 14,6/15,8 вузл. Full ahead – 11,6/12,8 вузл. Half ahead – 9,6/10,6 вузл. Slow ahead – 6,4/7,0 вузл. Dead slow ahead – 5,4/6,0 вузл.
21.	Гребний гвинт: кількість лопастей діаметр та крок гвинта (мм) дискове відношення напрямок обертання	4 7320 × 4670 0,532 Правого кроку
22.	Тип руля і площа його пера:	Напівбалансирний 46,8 м ²
23.	Тип стернової машини, підрулюючий пристрій	Electro-hydraulic RE&FE Series N/A
24.	Суднова радіостанція	Furuno FS-2571C
25.	Валова реєстрова місткість, (GRT):	51 905 т
26.	Чиста реєстрова місткість, (NRT):	32 423 т
27.	Добова витрата палива: на ходу (HFO) на стоянці (DO)	47,0 т 6,5 т
28.	Координати центру мас порожнього судна:	x = –24,876 м z = 10,760 м

1.2 Транспортно-експлуатаційні характеристики судна

На рисунку 1.1 представлено загальний план бокового вигляду судна з розташуванням приміщень для вантажів і запасів та вид судна зверху.

На рисунку 1.2 представлено пожежний план судна.

На рисунку 1.3 представлена вантажна шкала судна.

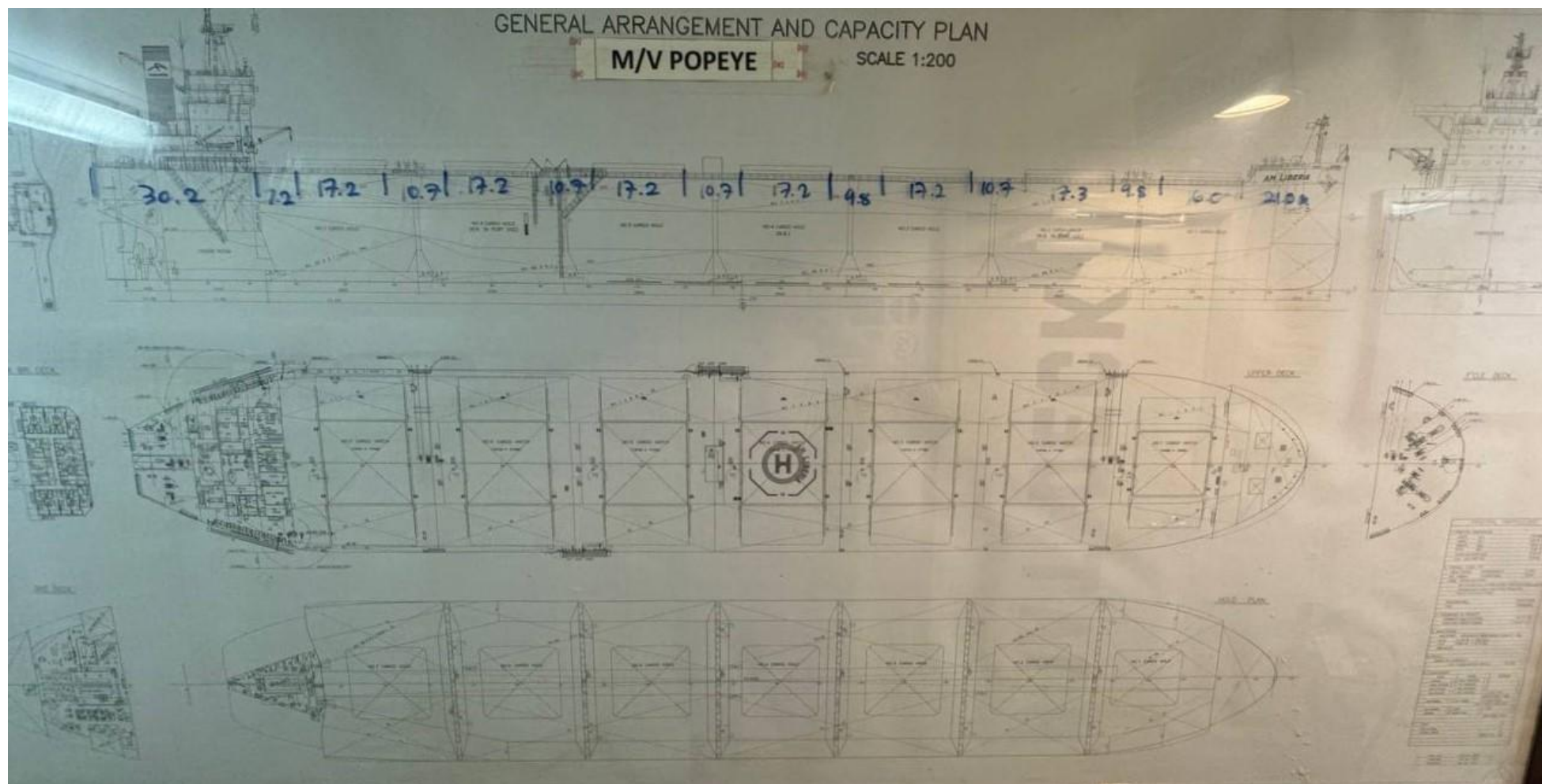


Рисунок 1.1 – Загальний план судна «Рореуе»

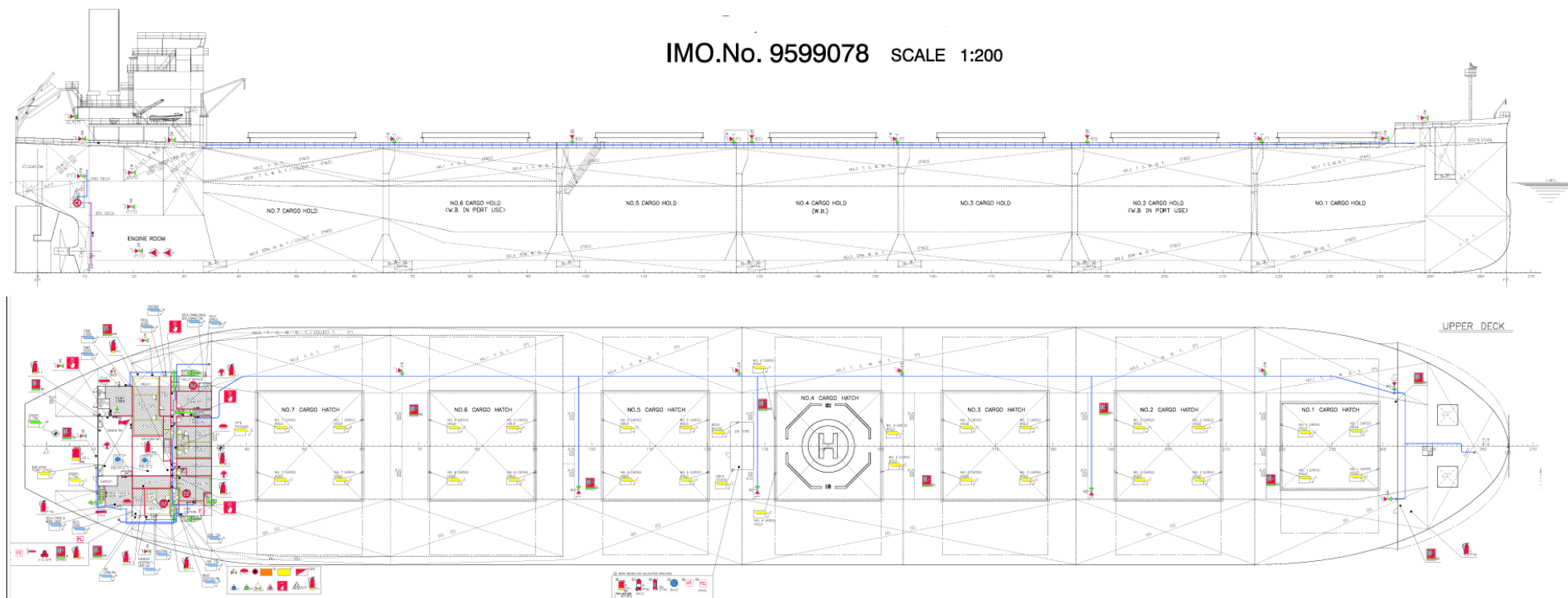


Рисунок 1.2 – Пожежний план судна «Рореуе»

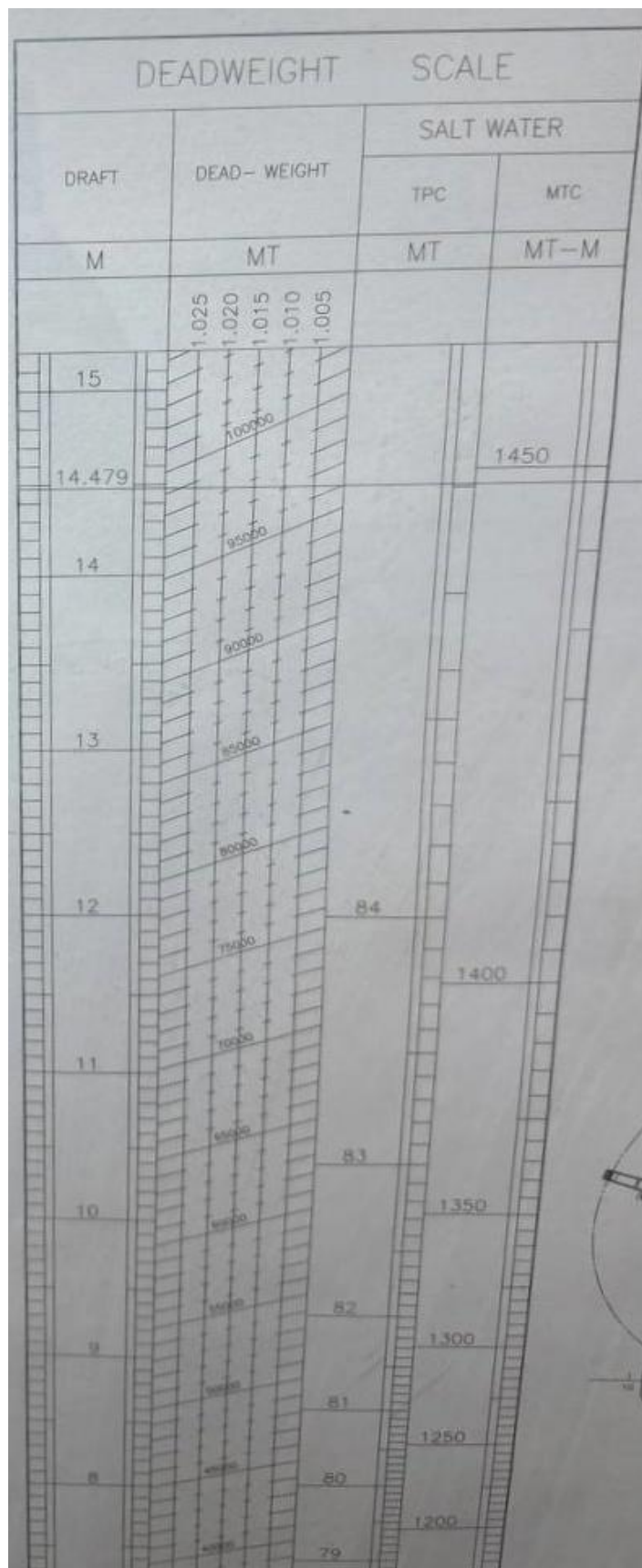
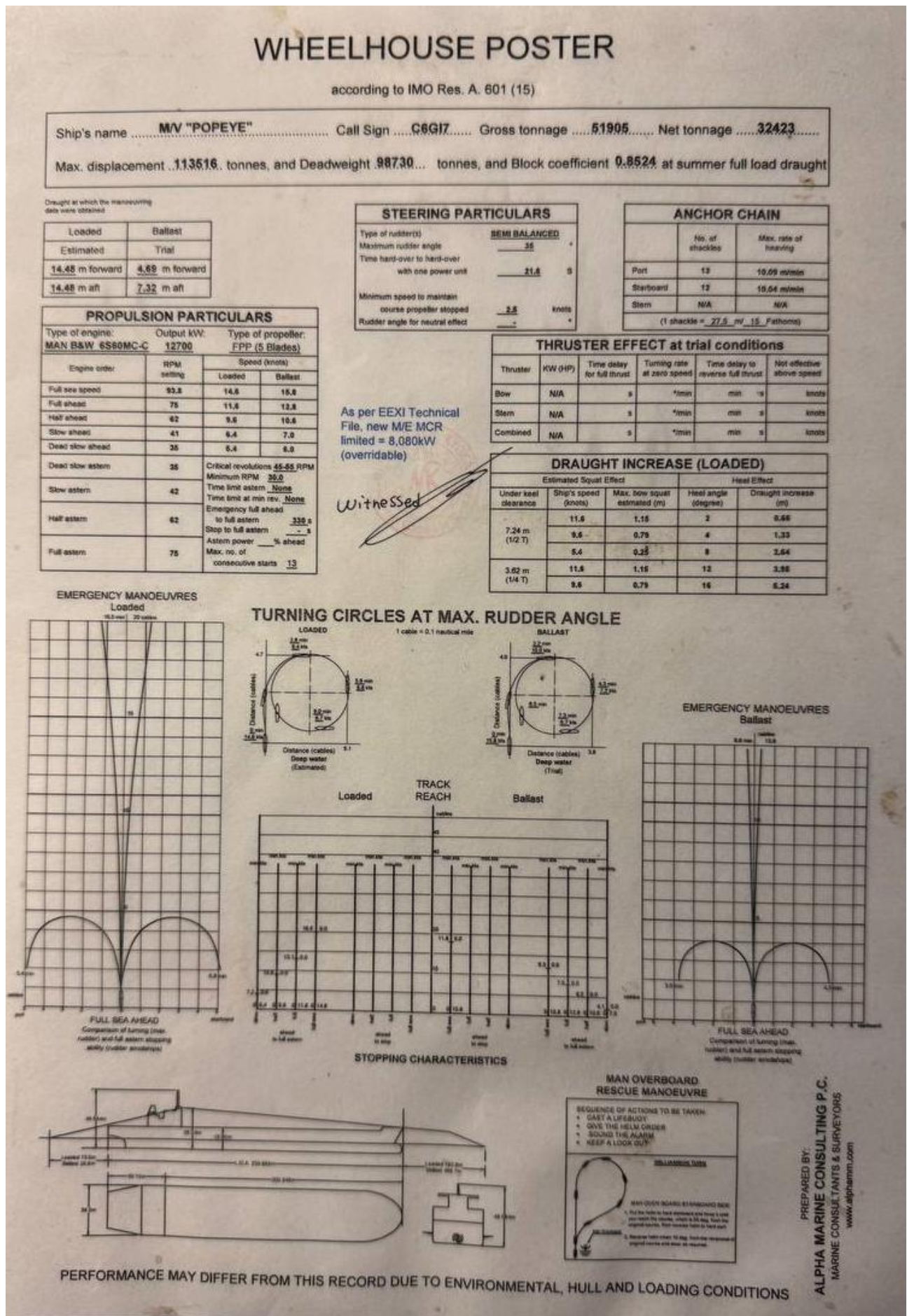


Рисунок 1.3 – Вантажна шкала судна

1.3 Маневрені характеристики

Маневрені характеристики судна у вигляді Wheelhouse Poster представлені на рисунку 1.4.

Лоцманська картка судна представлена на рис. 1.5 – 1.6.



Vessel Operating Procedures				Sec: VOP – B – 4D	
Pilot Card				Rev: 03	
				Date: Jan '24	
SHIP PARTICULARS					
Name:	POPEYE			Call Sign:	C6GI7
Displacement:	111286	DWT:	96500	Year Built:	2013
Length:	239.9	Beam:	38.00	Bulbous Bow:	YES
Draught Fwd:	14.00	Draught Aft:	14.50	Draught Amidships:	14.25
Air Draught:	36.66	Port Anchor: Shackles	13	Stbd Anchor: Shackles	12
Freeboard:	5.70	1 shackle=27.4m/15 fathoms			
MAIN ENGINE					
TYPE OF ENGINE	MITSUI MAN B&W 6S60MC-C	MAXIMUM POWER	10800	(KW)	14683 (HP)
	RPM / PITCH	LOADED SPEED	BALLAST SPEED		
FULL AHEAD	75	11.6 (kts)	12.8 (kts)		
HALF AHEAD	62	9.6 (kts)	10.6 (kts)		
SLOW AHEAD	41	6.4 (kts)	7.0 (kts)		
DEAD SLOW AHEAD	35	5.4 (kts)	6.0 (kts)		
DEAD SLOW ASTERN	35				
SLOW ASTERN	41				
HALF ASTERN	62				
FULL ASTERN	75	45%	% Ahead power		
Engine Critical RPM: 45-55		Maximum Number of Consecutive Engine Starts: 13		Time from Full Ahead to Full Astern: 330 sec	
Time Limit Astern: NIL		Minimum Steering Speed: 2.5 Kts			
MCRMElim [kW]: 8080 kW (Applicable for vessels with EPLs/ShaPoU)					
STEERING					
Number of Propellers: 1		Direction of Turn: Right		Propeller Arrangement (Pitch/Fixed): Fixed	
Time from Hard-Over to Hard-Over: 25"/25" Sec.		Rudder Angle for Neutral Effects: NIL			
Thrusters (Positions and Power): Nil		Steering Characteristics/Rudder Type: Electro-Hydraulic Driven, Rapson-Si ide Type (2-rams, 4-cylinders Type) Rudder turning angle Starboard & Port: 35 deg / Semi-balanced hanging rudder.			

Рисунок 1.5 – Лоцманська картка судна (ст. 1)

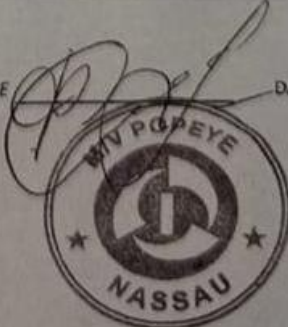
Vessel Operating Procedures		Sec: VOP – B – 4D
Pilot Card		Rev: 03
		Date: Jan '24
EQUIPMENT CHECKED AND READY FOR USE		
ANCHORS:	YES	CLEAR AWAY: YES ☒ NO ☐
COMPASSES:	YES	
COMPASS ERROR:	YES	GYRO COMPASS ERROR 0°
SPEED LOG	YES	DOPPLER YES ☒ NO ☐ SPEED: WATER/GROUND AXIS: SINGLE/Dual
ECHO SOUNDER	YES	
GNSS	YES	TYPE: DGPS: FURUNO GP-150
ECDIS	YES	
X-BAND RADAR:	YES	ARPA: FURUNO RCN003 YES ☒ NO ☐
S-BAND RADAR:	YES	ARPA: FURUNO RCN003 YES ☒ NO ☐
VHF(INC HANDHELD)	YES	
STEERING GEAR:	YES	Number of Power Units in Use: 1
ENGINE TELEGRAPHS:	YES	
RUDDER/RPM/ROT INDICATORS	YES	
MOORING WINCHES AND LINES	YES	
NAVIGATION LIGHTS	YES	
WHISTLES	YES	
EQUIPMENT OPERATIONAL DEFECTS		
Nil		
OTHER IMPORTANT DETAILS		
1. SQUAT AND UKC HAVE BEEN CONSIDERED.		
2. TUGS PUPS POINT MUST BE STRICKLY OBSERVED.		
3. AS PER PILOT ADVISE SHIPS / TUGS LINES USE IN COMPULSORY FOR TOWAGE ASSASTANCE (CROSS OUT AS APPROPRIATE).		
4. NUMBER OF TUGS ARE RECOMMENDED BY PILOT FOR SAFE MOORING OPERATIONS		
5. FULL ASTERN IS 45% OF FULL AHEAD POWER		
Reference: IMO Resolution A.601 (15) Provision and Display of Manoeuvring Information on Board Ships		
MASTER Name	Capt. O. Fedyunin	SIGNATURE  DATE: 17.01.2025
		

Рисунок 1.6 – Лоцманська картка судна (ст. 2)

1.4 Навігаційне обладнання

В даному підрозділі наведено дані про ТЗН (технічні засоби навігації) судна (табл. 1.2) та точнісні характеристики ТЗН (табл. 1.3). Схему навігаційного містка судна представлено на рис. 1.7.

Таблиця 1.2 – Технічні засоби навігації

Прилад/система	Тип	Марка
Магнітний компас	SH165A1	TOKYO KEIKI
Гірокомпас (ГК)	TG8000	TOKYO KEIKI
Радіолокатор (ЗАРП)	FAR-2827S	FURUNO
Ехолот	FE-700	FURUNO
Лаг	DS 60	FURUNO
GPS	GP-150	FURUNO
AIS	FA-150	FURUNO
Авторульовий	PR-6000	TOKYO KEIKI
ECDIS	Navi-Sailor 4000	TRANSAS

Таблиця 1.3 – Точнісні характеристики ТЗН на судні

Тип і марка приладу	Навігаційні параметри	СКП одного вимірювання
Гірокомпас TOKYO KEIKI TG8000	Курс	$<0,5^{\circ}$
Магнітний компас TOKYO KEIKI SH165A1	Курс	$<1^{\circ}$
Радіолокатор FURUNO FAR-2827S	Пеленг, Дистанція	$<1^{\circ}$ Менше ніж 1 % від використовуваної дальності шкали або 30 м – залежно від того, що більше.
GPS FURUNO GP-150	Місце судна	± 10 м

Продовження таблиці 1.3

Тип і марка приладу	Навігаційні параметри	СКП одного вимірювання
Лар FURUNO DS-30	Швидкість, Дистанція	$\pm 1\%$ або $\pm 0,1$ вузл. – залежно від того, яке значення більше $\pm 1\%$ або $\pm 0,1$ миль за кожну годину – залежно від того, яке значення більше
Ехолот FURUNO FE-700	Глибина	0,2 м – діапазон 20 м; 2 м – діапазон 200 м; або 1.5 % від показаної глибини – залежно від того, яке значення більше.

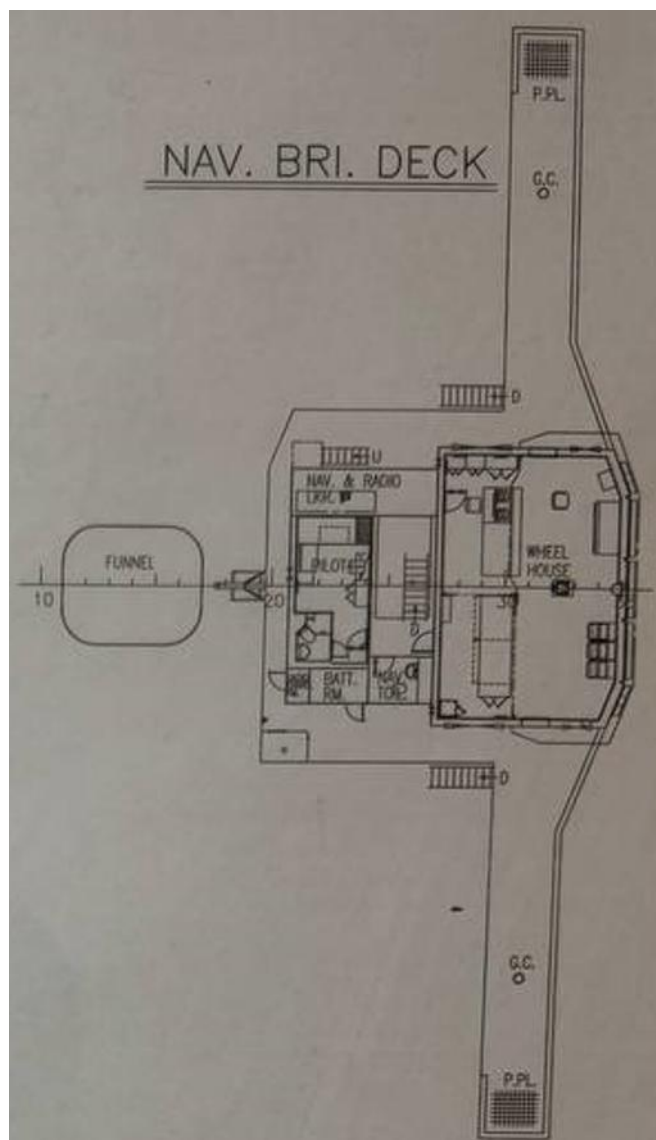


Рисунок 1.7 – Схема навігаційного містка судна

1.5 Забезпечення непотоплюваності

Для виконання розрахунків аварійної остійності судна у разі затоплення одного або кількох водонепроникних відсіків на борту передбачено наявність спеціальної технічної документації – Damage Stability Calculation Booklet та Damage Control Plan. У першому документі наведено докладні розрахунки щодо остійності судна в аварійному стані, інформацію про характерні рівні затоплення та допустимі крени і диференти. Damage Control Plan містить структурну схему корпусу з позначенням водонепроникних перегородок, системи осушення та баластування, а також алгоритми дій екіпажу під час ліквідації аварій, пов'язаних із порушенням герметичності корпусу.

Для забезпечення непотоплюваності судна та своєчасного відведення води під час аварійної ситуації на борту встановлено два аварійні насоси, призначені для інтенсивної відкачки води з пошкоджених відсіків. Насоси є частиною системи боротьби за живучість, забезпечують стабілізацію положення судна після затоплення та підтримують залишкову остійність на рівні, що відповідає вимогам SOLAS і розділу II-1 щодо конструктивної безпеки.

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» [3];
- Конвенція та кодекс з підготовки і дипломування моряків та несення вахти (STCW-78 з поправками), Розділ VIII [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].

Згідно з Резолюцією ІМО А.893(21) «Керівні принципи планування рейсу» [5], процес підготовки судна до плавання поділяється на чотири основні стадії, які забезпечують повноцінну оцінку, розроблення, виконання та контроль безпечного морського переходу.

1. Оцінка (Appraisal)

На цьому етапі здійснюють збір, аналіз і оцінку всієї доступної інформації, пов'язаної з майбутнім рейсом. До попередньої оцінки входять дані про тривалість переходу, необхідність бункерування, поповнення запасів, технічний стан судна та можливі обмеження в наступному порту.

Особлива увага приділяється перевірці навігаційного обладнання, засобів зв'язку, сигналізації, визначенню часу прибуття в контрольні точки маршруту з урахуванням припливів, течій, метеорологічних умов, портів притулку та

правил взаємодії з лоцманами й буксирами.

2. Планування (Planning)

На основі отриманих даних складається детальний план переходу «від причалу до причалу», який охоплює всі етапи плавання, включно з лоцманськими ділянками. Основна мета планування – забезпечити безпечне й ефективне проходження судна, передбачивши всі можливі небезпеки та ризики як під час прибережного, так і океанського плавання. План оформлюється документально та проходить погодження з капітаном.

3. Виконання (Execution)

Готовність до рейсу підтверджується заповненням форми Passage Plan і супровідних чек-листів. Підписи членів штурманського складу засвідчують ознайомлення з особливостями переходу. План зберігається на ходовому містку й виконується неухильно. У разі потреби допускається внесення змін, але лише за згодою капітана та з повідомленням усіх відповідальних осіб.

4. Контроль (Monitoring)

На етапі контролю здійснюється постійне спостереження за дотриманням маршруту. Будь-яке відхилення від меж безпечної смуги руху вважається потенційно небезпечним.

Положення судна перевіряється регулярно, результати обсервацій аналізуються для визначення знесення. У вузьких і складних районах використовуються методи паралельного індексування, контрольних ліній положення, створів і огорожувальних пеленгів.

Структура плану переходу

План рейсу складається з трьох основних частин:

- Від причалу (порт відправлення) до початку морської ділянки переходу;
- Морська ділянка переходу;
- Від закінчення морської ділянки до причалу (порт прибуття).

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) [9].

Результати підбору для переходу приведено у таблиці 2.1.

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	4005	A Planning Chart for the Indian Ocean	27 000 000
Паперова	4060	Australasia and Adjacent Waters	27 000 000
Шляхові карти та плани			
Паперова	AUS362	Norah Head to Crowdy Head	300 000
Паперова	AUS363	Crowdy Head to Clarence River	300 000
Паперова	AUS364	Clarence River to Cape Moreton	300 000
Паперова	AUS426	Fraser Island to Cumberland Islands	1 000 000
Паперова	4621	Mackay to Solomon Islands	1 250 000

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4
Паперова	AUS382	Louisiade Archipelago	300 000
Паперова	AUS384	Cape Vogel to Cape Nelson incl. Trobriand Islands	300 000
Паперова	AUS386	Vitiaz and Dampier Straits	300 000
Паперова	AUS462	North Cape, New Ireland to Wuvulu Island	750 000
Паперова	2575	Mindanao to Sulawesi	745 000
Паперова	2576	Sulu Archipelago and NE Coast of Borneo	725 000
Паперова	967	Palawan	725 000
Паперова	3482	Singapore Strait to Song Sai Gon	1 500 000
Паперова	3986	Hon Khoai to Mui Ke Ga	500 000
Паперова	1261	Approaches to Song Sai Gon	200 000
Карти великого масштабу. Карти підходу (плани)			
Паперова	AUS207	Approaches to Newcastle	20 000
Паперова	AUS208	Newcastle Harbour	10 000
Паперова	1016	Song Sai Gon	7 500

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

NP №	Назва посібника
Admiralty Tide Tables (ATT) (NPs 201-204)	
203	Volume 3, Indian Ocean and South China Sea (including Tidal Stream Tables)
204	Volume 4, Pacific Ocean (including Tidal Stream Tables)
Sailing Directions (Pilots)	
15	Australia Pilot Vol 3 Pilot Vol 1
35	Indonesia Pilot Vol 3
34	Indonesia Pilot Vol 2
33	Philippine Islands Pilot
31	China Sea Pilot Vol 2
30	China Sea Pilot Vol 1
Admiralty List of Lights and Fog Signals (ALL)	
83	Volume K: Indian and Pacific Oceans, south of the Equator
79	Volume F: Bay of Bengal and Pacific Ocean, north of the Equator
Admiralty List of Radio Signals (ALRS) (NPs 281-286)	
281 (2)	Volume 1 Part 2, Maritime Radio Stations: The Americas, Far East and Oceania
282	Volume 2 - Radio Navigation Aids, Electronic Position Fixing System and Radio Time Signals
283 (2)	Volume 3 Part 2, Maritime Safety Information Services: The Americas, Far East and Oceania
284	Volume 4 - Lists of Meteorological Observation Stations
285	Volume 5 - Global Maritime Distress and Safety System (GMDSS)
286 (4)	Volume 6 - Part 5, Pilot Services, Vessel Traffic Services and Port Operations
Miscellaneous Publications	
NP 131	Catalogue of Admiralty Charts and Publications
NP 133A	Chart Correction Log and Folio Index
NP 136	Ocean Passages for the World
NP 314	The Nautical Almanac
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

У цьому підрозділі здійснюється узагальнення та аналіз навігаційної інформації, що надходить через систему GMDSS і факсимільні гідрометеорологічні карти. На основі посібника ALRS 283 [12] відбираються дані щодо факсимільних карт погоди, які представлені у табл. 2.3.

На рис. 2.1 наведено схему районів NAVAREA. Використовуючи ALRS Vol. 5 (NP285) [14], визначаються відповідні NAVAREA-райони та станції NAVTEX уздовж маршруту переходу (табл. 2.4).

За допомогою ALRS 286 уточнюється інформація про контрольні пости, райони дії служб СУРС, порядок зв'язку з контрольними станціями, а також деталі взаємодії з лоцманськими службами та портовими операторами. Узагальнені відомості подано в 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)
2	BOM – VMW (Wiluna)	1:25 000 000 15°N 65°E 15°N 110°E 20°S 65°E 20°S 110°E	Indian Ocean Wave Height & Direction MSLP Forecasts / Analyses	12:30 14:00

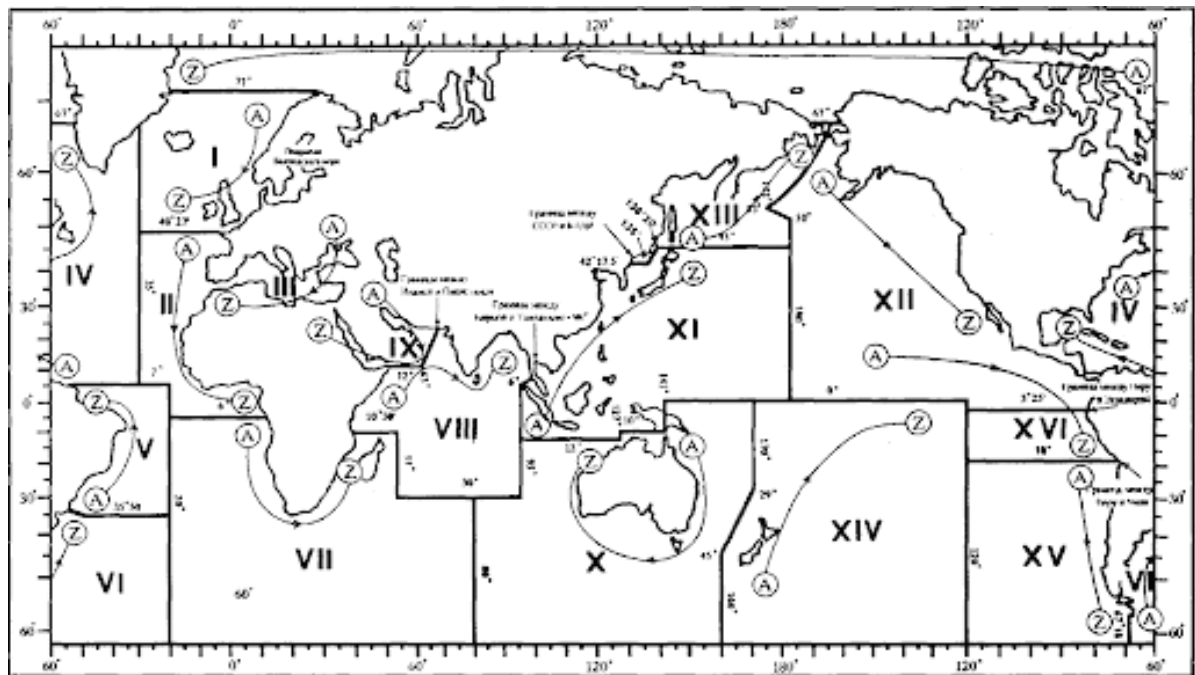


Рисунок 2.1 – Райони NAVAREA

Таблиця 2.4 – Райони NAVAREA, станції NAVTEX на переході

№	Ділянка переходу	Район NAVAREA	NAVTEX	NAVAREA
1	Австралія – Нова Гвінея	X	—	—
2	Нова Гвінея – Калімантан	XI Японія	Jayapura [A]	Індонезія
		XI Японія	Amboina [B]	Індонезія
		XI Японія	Sandakan [S]	Індонезія
3	Калімантан – В'єтнам	XI Японія	Miri [T]	Індонезія
		XI Японія	Ho Chi Minh [X]	В'єтнам
		XI Японія	Da Nang [K]	В'єтнам

Таблиця 2.5 – Зв'язок на переході

№	Станція	Спосіб зв'язку	Канали, частоти	Примітки
1	Newcastle VTS	VHF	12, 16	Newcastle Vessel Traffic Service
2	Pilots	VHF	11, 16	Incheon Pilots
3	Harbor Master	VHF	9, 16	Vung Tao Harbor Master
4	Pilots	VHF	14, 16	Vung Tao Pilots

На підставі отриманої навігаційної інформації можна зробити висновок про достатність інформаційного забезпечення для забезпечення 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. 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 [16] та Sailing Directions [17] на період переходу.

У лютому маршрут між Ньюкаслем та Вунг Тау проходить через акваторії, що мають різні кліматичні особливості, але їх об'єднує виражений сезонний характер атмосферної циркуляції. На південній ділянці переходу, поблизу Австралії та над Тасмановим морем, панує тепла й нестійка погода, характерна для літнього періоду Південної півкулі. У цей час погода визначається впливом субтропічних депресій, тому хвилювання та вітер можуть бути більш мінливими порівняно з зимовими місяцями. Видимість у цілому залишається доброю, однак періодично можливі дощові смуги й грози, які короткочасно погіршують умови плавання.

Далі, у районі Індонезійського архіпелагу, судно переходить до зони стабільного північно-східного мусону, який є характерним для цього сезону. У лютому він приносить більш сухе й прохолодне повітря з континентальної Азії, що формує відносно спокійні погодні умови у багатьох міжострівних морях. Рельєф численних островів створює локальні особливості в циркуляції вітру й течій, однак загальний характер погоди у цей період зазвичай сприятливий для плавання, з помірною висотою хвиль і невеликою кількістю опадів.

Найбільші зміни погоди виникають на завершальному етапі маршруту – у Південнокитайському морі. У лютому тут зберігається дія північно-східного зимового мусону, який приносить сухе, прохолодніше повітря та доволі стійкі вітрові потоки. Зливи й грози трапляються рідше, ніж улітку, а видимість переважно краща. Водночас саме взимку на окремих ділянках можуть спостерігатися тривалі періоди свіжого вітру та хвилювання, пов'язані із проходженням холодних континентальних вторгнень.

У цю пору року тайфуни трапляються значно рідше, ніж у літній сезон, проте окремі тропічні депресії або слабкі циклони все ще можуть виникати у західній частині Тихого океану та зміщуватися в бік Південнокитайського моря. Навіть якщо вони не досягають стадії тайфуну, їхні периферійні зони можуть зумовлювати посилення вітру, хвилювання та зниження атмосферного тиску. Тому судноводій повинен стежити за штормовими повідомленнями, отримувати дані систем NAVTEX і SafetyNET та бути готовим своєчасно коригувати маршрут у разі погіршення погоди.

Таким чином, лютневий перехід характеризується переходом від більш мінливих літніх умов поблизу Австралії до сухішого та більш стабільного зимового мусонного режиму в Індонезійських і В'єтнамських водах. Основні чинники, що потребують уваги, – періодичні грози на півдні, стійкі потоки північно-східного мусону та можливий вплив залишкових тропічних депресій у північній частині маршруту.

Таблиця 2.6 – Атмосферний тиск і розшифровка «роз вітрів»

Характеристики за ділянками	Ділянка №1 Ньюкасл – Нова Гвінея			Ділянка №2 Нова Гвінея - Калімантан			Ділянка №3 Калімантан – Вунг Тау		
Атмосферний тиск, гПа	1008			1009			1011		
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	4	-	-	9	1	-	12	2	-
NE	7	1	-	28	6	-	32	7	1
E	18	3	-	25	5	1	22	4	-
SE	26	5	1	15	2	-	14	2	-
S	21	4	1	8	-	-	7	-	-
SW	14	2	-	6	-	-	5	-	-
W	6	-	-	5	-	-	4	-	-
NW	4	-	-	4	-	-	4	-	-
Результуючий вітер	направлення, у румбах		SE	направлення, у румбах		NE	направлення, у румбах		NE
	швидкість, м/с		5	швидкість, м/с		6	швидкість, м/с		7
Максимальна швидкість вітру, м/с	спостережена		17	спостережена		19	спостережена		23
	розрахункова		20	розрахункова		23	розрахункова		26
Повторюваність штилів, %	4			3			2		
Схема «рози вітрів»									

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

Характеристики за ділянками		Ділянка №1 Ньюкасл – Нова Гвінея	Ділянка №2 Нова Гвінея - Калімантан	Ділянка №3 Калімантан – Вунг Тау
Температура повітря, °С		28	30	28
Температура води, °С		29	30	27
Відносна вологість, %		75	80	70
Повторюваність туманів, %		1	2	4
Видимість менше 2 миль		-	1	2
Хмарність, бали		5	6	6
Солоність води, ‰		34	33	32
Щільність води, г/см ³		1,025	1,024	1,022
Постійні течії	назва	Східно- Австралійська течія	Філіппінська	В'єтнамська прибережна
	термодинамічна характеристика	тепла	тепла	тепла
	направлення	S	S - SW	S - SSW
	швидкість, вузл.	1-1,5	0,5-1	0,5
	Стійкість, %	70-80	60-70	40-50
Швидкість припливних течій, вузл.		0,5-1,0	1,0-1,5	0,5
Висота хвиль, м	середня	1,2-1,8	1,0-1,5	1,5-2,0
	максимальна	4	3	5
Період хвиль, с		7	6	9

2.2.3 Збір та аналіз навігаційної інформації при прибережному плаванні

Використавши Guide to Port Entry [18], у даному пункті наведемо навігаційну та загальну інформацію щодо портів, місць лоцманської проводки, якірних стоянок, місць докладу, плани портів та забезпеченість ЗНО.

Ньюкасл (Австралія)

Порт Ньюкасл (32°55'S, 151°47'E; WPI No. 53610) є одним з ключових транспортних вузлів Австралії та найбільшим вугільним експортним портом у світі. Він розташований у гирлі річки Гантер і завдяки природному захисту річкової долини та систематичному днопоглибленню забезпечує безпечний підхід суден великого тоннажу. Гавань приймає судна довжиною до 290 метрів та водотоннажністю понад 90 000 GT, що робить її важливим стратегічним центром міжнародного мореплавства та вантажоперевезень.

Гідрометеорологічні умови району характеризуються періодичним впливом південно-східних вітрів. У такі періоди порт може тимчасово закриватися на декілька діб через сильні хвилі у входовому каналі. Припливами створюється середній добовий діапазон близько 1,28 м, а під час паводків течії у фарватері значно посилюються та здатні досягати 6 вузлів на відпливі. У звичайних умовах швидкість течії коливається у межах 1–2 вузлів. Щільність води в акваторії становить приблизно 1025 кг/м³.

Підхід до порту здійснюється зі сходу та південного сходу по добре промаркованих фарватерах і створах. Основний східний канал має глибини 15–16,5 метрів та ширину близько 200 метрів, що дозволяє безпечно проводити судна великої осадки. Західний підхідний канал використовується для суден з осадкою до 13,5 метрів. На підходах існує низка локальних небезпек: кам'яні банки та ділянки з брейкерами під час південно-східних вітрів. Вхід до гавані

обмежений двома хвилеламами Nobbys Head і South Breakwater, а подальша навігація здійснюється за допомогою буїв та створів.

У порту застосовуються карти Aus 207, 208, 362, 809 та відповідні розділи лощій NP 15 і NP 127. Внутрішні райони порту мають розгалужену систему каналів: Steelworks Channel, Basin Cut та підхід до Swinging Basin. Глибини коливаються від 8,2 м на докових причалах до 16,5 м на основних вугільних терміналах Dyke Berths та Kooragang. Таким чином порт здатний приймати судна типів Panamax, Post-Panamax та Newcastlemax.

Лоцманська проводка у порту є обов'язковою для всіх суден довжиною понад 30 метрів. Вона надається цілодобово та замовляється за 24 години до прибуття, найчастіше через суднового агента. Підтвердження часу прибуття подається за чотири години до входу в порт на каналі VHF 09. При наближенні до Nobbys Head на відстань близько 10 морських миль судно повинно встановити зв'язок із Vessel Traffic Information Service (VTIS) та підтримувати постійне слухання каналів 09 і 16. Лоцмани сідають на борт трьома можливими способами: за допомогою катера, гелікоптера або на визначених точках приймання. Лоцманські позиції ALPHA, BRAVO та CHARLIE призначені залежно від маршруту підходу та метеоумов.

У порту функціонує потужна система буксирного забезпечення, представленого тринадцятьма буксирами максимальною потужністю понад 4200 к.с. Буксири працюють у цілодобовому режимі та подаються за запитом через агента або безпосередньо за вказівкою VTIS. Наявність буксирів є критичною під час маневрування у вузьких каналах, особливо в районах Port Waratah, Steelworks Channel і Dyke Berths, де часто працюють великовантажні балкери.

Якірні стоянки у районі порту не вважаються універсально безпечними в усіх погодних умовах, однак практично використовуються два райони: Newcastle Bight на відстані 1–2 миль на північ від північного хвилелама та район, розташований за 2–3 милі на південь від входу. Судна повинні розміщуватися за межами обмеженої зони, встановленої прямими лініями від

голов хвилеламів, де постановка на якір заборонена через інтенсивний рух та обмежені глибини. Після постановки на якір судно повинно одразу повідомити VTIS про час і координати стоянки.

Усі прибуття та відходи суден координуються через VTIS, розташований на Nobbys Head. Центр забезпечує радарний та AIS-контроль, планування рухів, погодження операцій та підтримання безпечного трафіку у межах портових лімітів. Судна зобов'язані надсилати ЕТА за 24 години до прибуття, повторно підтверджувати його за 4 години, а також повідомляти про ETD за півгодини до залишення причалу або якірної стоянки. У межах порту дозволено використовувати лише канали UKX 09 та 16, тоді як канали 06, 08, 11 і 72 зарезервовані для службових операцій порту та заборонені для судових переговорів.

При вході до порту діє карантинна лінія між головами хвилеламів, а *pratique* надається цілодобово без спеціального визначеного району. До приходу судно надає портовій адміністрації інформацію про вантаж, екіпаж, стан безпеки ISPS, а також стандартні митні та прикордонні документи.

У навігаційному відношенні порт добре оснащений знаками та засобами орієнтування. Основними орієнтирами є Nobbys Head Light та система створів підхідного каналу. Breakwater Lights позначають межі входу, а численні буї вказують напрямок руху у внутрішніх водах. Вхідні та внутрішні канали мають освітлені створні знаки, а система сигналів на Nobbys Head інформує про напрямок припливу, глибини та стан хвилювання у вході до порту.

На рисунку 2.2 наведено план порту відходу.

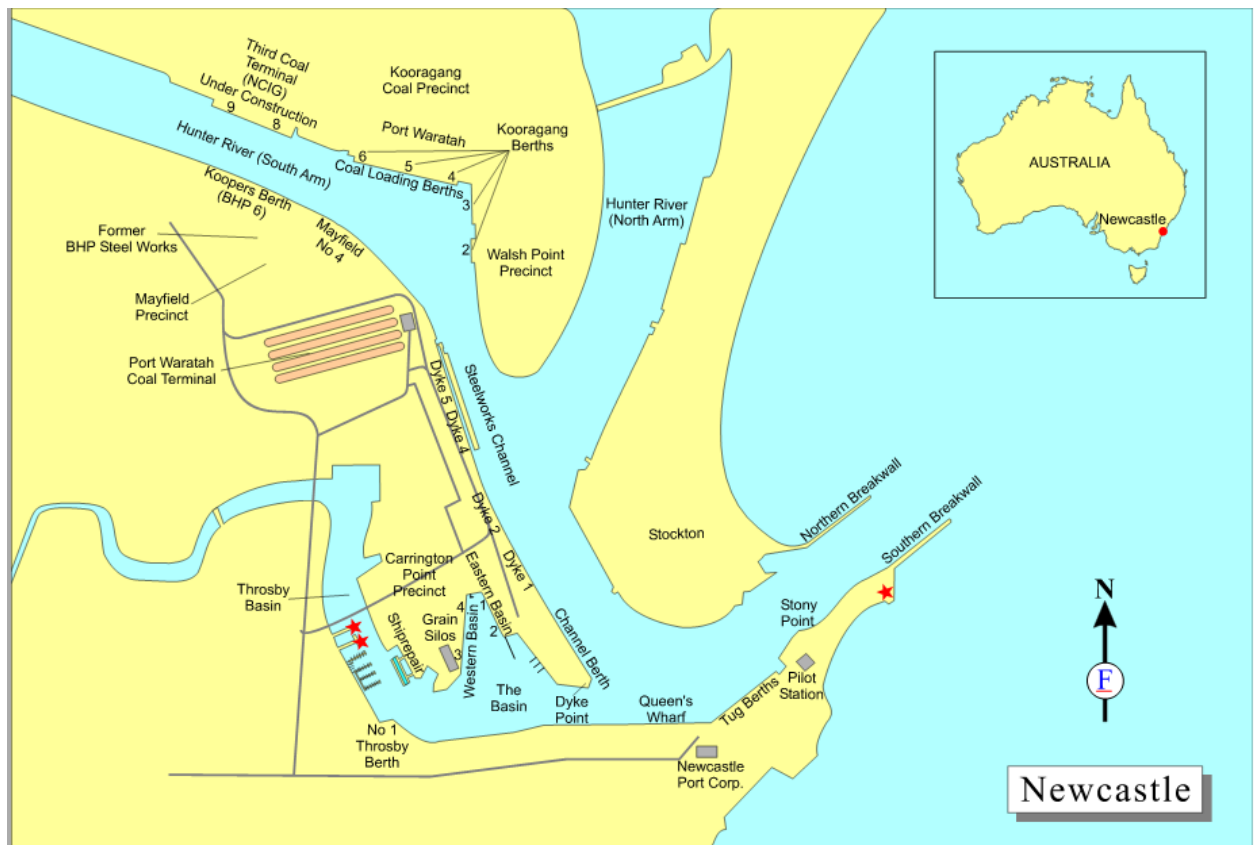


Рисунок 2.2 – План порту відходу

Вунг Тау (В'єтнам)

Порт Вунг Тау (10°24'N, 107°06'E; World Port Index No. 57570) розташований при вході в естуарій річок Сайгон, Ті Вай та Дінь на південно-східному узбережжі В'єтнаму. Це важливий вузол для підходу до глибоководних терміналів Сайгону та промислової зони в дельті, а також зручна зовнішня гавань і перевалочний пункт для суден, що слідують до портів Хошиміну. Комерційна частина порту розташована на річці Дінь на схід від міста Вунг Тау. Основний вантажопотік становлять генеральні, нафтові та хімічні вантажі, а серед експортних – сільськогосподарська продукція та лісоматеріали. Порт має спеціалізовані причали для контейнерів, наливних вантажів і технологічні причали для газу та нафтопродуктів.

У навігаційному відношенні Вунг Тау виконує роль зовнішніх морських воріт для всього комплексу Сайгонських портів. Розташування біля входу до естуарію забезпечує зручні підходи з моря та можливість організації добре

захищених якірних стоянок у затоці Вунг Тау, особливо в період північно–східного мусону, коли вона добре прикрита від хвиль. При цьому район є складним через велику кількість якірних позицій, підводних кабелів, трубопроводів та затонулих суден, що вимагає ретельного попереднього вивчення карт і строгої дисципліни при маневруванні.

Лоцманська проводка у порту Вунг Тау є обов’язковою для всіх суден, і лоцмани доступні в будь–який час доби. Запит на лоцмана надсилається орієнтовно за 24 години до підходу, зазвичай через агента, із зазначенням розмірів судна, осадки й характеру вантажу. Система лоцманських зон побудована таким чином, щоб розділити трафік за розмірами суден та осадкою. Для суден довжиною до 135 м і осадкою до 7,5 м передбачені окремі райони посадки й висадки лоцманів у безпосередній близькості до входу в канал, тоді як судна великих розмірів із більшими осадками, а також судна з небезпечними вантажами, беруть лоцмана далі в морі, у зонах з відповідними глибинами та маневровими умовами. Для танкерів у несприятливу погоду передбачена спеціальна зона посадки лоцмана в більш безпечній позиції, що дозволяє знизити ризики при роботі з великотоннажними суднами.

Система зв’язку і керування рухом у порту базується на роботі портової адміністрації, Harbour Master та диспетчерських служб Vung Tao Port Control, які підтримують зв’язок із суднами головним чином по каналах UKX 09, 14 і 16. Через ці канали здійснюється узгодження черговості заходів і виходів, надається інформація про якірні позиції, глибини, тимчасові обмеження, а також передаються вказівки щодо безпечного руху в фарватері Сайгонського підходу. Контактні дані портової влади, лоцманських служб, терміналів PVC–MS та кондоа–вунгтауського терміналу дозволяють уніфікувати взаємодію всіх учасників перевезень та оперативно вирішувати експлуатаційні питання.

Берегова інфраструктура Вунг Тау включає як універсальні, так і спеціалізовані причали. Комерційний порт Вунг Тау має основний причал довжиною близько 280 м, який може приймати судна до 200 м довжиною, з осадкою до приблизно 12,3 м та дедвейтом до 113 000 т. Тут обробляються

контейнери, генеральні, тарно–штучні та частково наливні вантажі. На напрямку Ті Вай розташований термінал PV–2 Gas, який обслуговує наливні судна з чистими й брудними нафтопродуктами, а також бункерувальні операції; цей причал має глибини до 14 м, здатний приймати судна довжиною до 180 м та дедвейтом близько 20 000 т. Така конфігурація дозволяє гнучко комбінувати обслуговування середньотоннажних танкерів, хімовозів та універсальних суден.

Якірні стоянки у районі Вунг Тау організовані системно й поділяються за розмірами суден та характером плавання. У затоці Вунг Тау в період північно–східного мусону забезпечується добре захищена стоянка. Для суден дедвейтом понад 2000 т якірні позиції розташовані з лівого боку каналу між буями №1 та №5, тоді як судна менших розмірів стають на якір з правого боку того ж каналу. Розміщення суден контролюється Vung Tao Port Control, який призначає конкретну якірну позицію залежно від габаритів судна, глибини та поточної навігаційної обстановки. Далі від берега організовано зовнішні якірні райони H, I, J на південь–південний захід від мису Вунг Тау, а також якірні райони A, B, C, D, F і G по обидва боки вхідного каналу та фарватеру на захід від міста. Частина якірних позицій має позначення CG та розташована безпосередньо у фарватері річки Сайгон, що простягається на північний захід від головного входу; в цих районах прокладено підводні кабелі й необхідна особлива обережність при постановці на якір.

Район Вунг Тау насичений підводною інфраструктурою. У межах багатьох якірних районів пролягають підводні кабелі та трубопроводи, а також знаходяться небезпечні затонулі судна, які детально показані на картах. Додаткову небезпеку становлять два неосвітлені морські платформи приблизно за 100 миль на південний схід від Вунг Тау, між якими також прокладено підводний трубопровід. Усе це вимагає від судноводія не лише уважного вивчення навігаційних посібників, а й постійного контролю за положенням судна відносно заборонених до якірної постановки чи тралення районів.

Під час стоянки у Вунг Тау рекомендовано підтримувати підвищену вахтову готовність на палубі, постійне слухання УКХ 16 та уважне

спостереження за дрейфуючими судами й маломірними плавзасобами, які можуть підходити до борту, особливо в темний період доби. Така вимога обумовлена інтенсивним рухом у районі, присутністю риболовецьких суден, буксирів, барж та катерів обслуговування офшорних платформ.

Загалом порт Вунг Тау є важливим зовнішнім портом–воротами для системи портів Сайгону, поєднує функції якірно–рейдової бази, перевалочного пункту й проміжного порту заходу для наливних та генеральних суден. Поєднання розвиненої берегової інфраструктури, спеціалізованих причалів, відлагодженої системи лоцманської проводки та організованих якірних районів дає змогу забезпечити високий рівень безпеки та ефективності судноплавства в одному з найактивніших прибережних регіонів Південно–Східної Азії.

На рисунку 2.3 зображений план порту приходу.

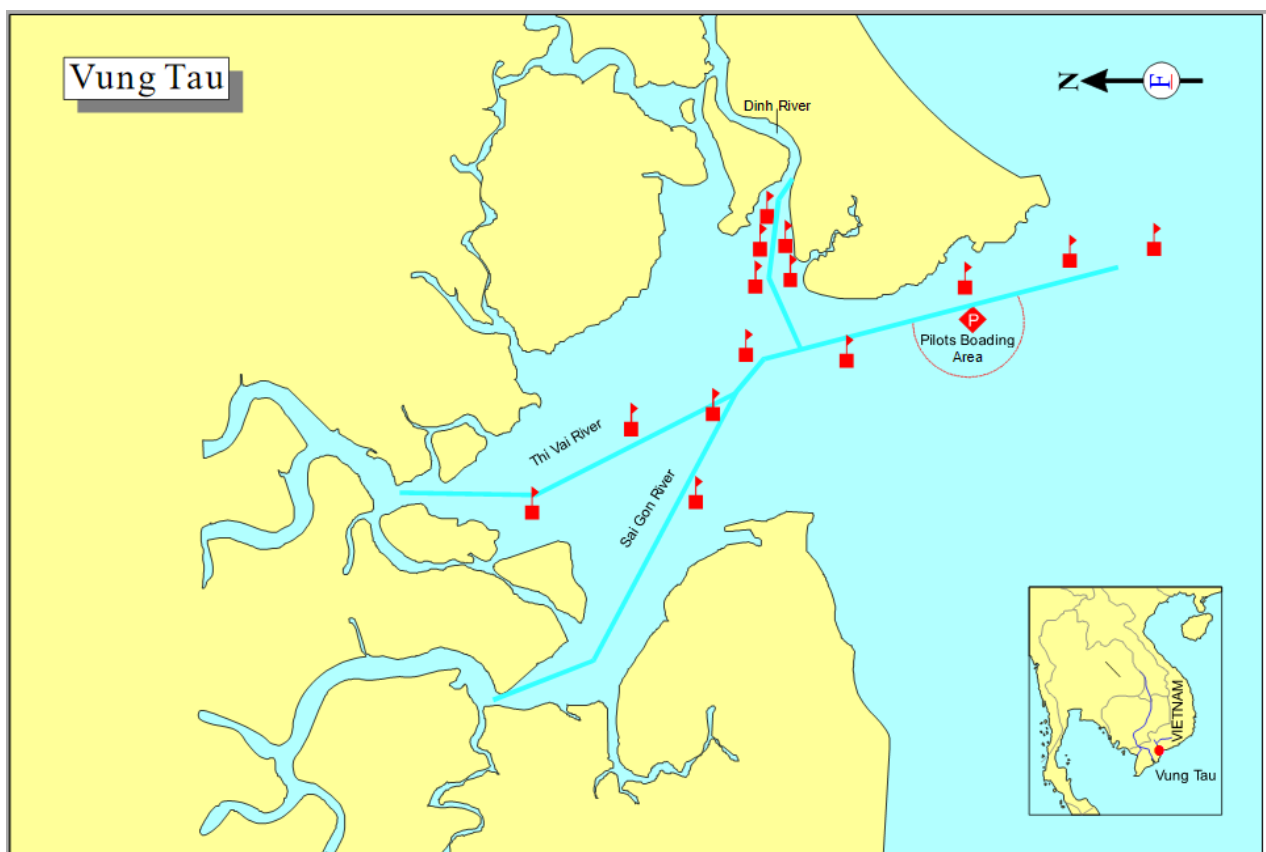


Рисунок 2.3 – План порту приходу

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	Wooden	32°54.951' S	151°48.198' E	OC (1) 3s, 14 m (84°–306°)	8 м. м.
2	Point Stephens	32°44.810' S	152°12.057' E	FL (4) 30s, 38 m	17 м. м.
3	Sugarloaf Point	32°26.459' S	152°32.345' E	FL (1) 7.5s, 79 m	25 м. м.
4	Kiau Point	05°12.259' S	147°05.177' E	FL (1) 5s, 23 m (64°–272°)	10 м. м.
5	Beacon, special purpose	03°25.153' N	125°31.526' E	FL (1) 3s, 20 m	14 м. м.
6	Comiran	07°54.992' N	117°13.393' E	FL (1) 5s	7 м. м.
7	Tower	07°49.154' N	116°59.986' E	FL (1) 5s, 90 m (245°–150°)	20 м. м.
8	Nui Nho	10°20.050' N	107°04.668' E	FL (2) 12s, 193 m	23 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 прямої ділянки переходу.

Задамо відповідні координати:

1. $\varphi_n = 28^\circ 51' \text{ S}$, $\lambda_n = 153^\circ 59' \text{ E}$;

2. $\varphi_k = 11^\circ 30' \text{ S}$, $\lambda_k = 154^\circ 37' \text{ E}$.

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

φ_2	$-11^\circ 30'$
$-\varphi_1$	$-28^\circ 51'$
$\Delta\varphi$	$17^\circ 21' \text{ (до N)} = 1041'$

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

λ_2	$154^\circ 37'$
$-\lambda_1$	$153^\circ 59' \text{ E}$
$\Delta\lambda$	$0^\circ 38' \text{ (до E)} = 38'$

3. Знаходимо різницю меридіональних частин (m):

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

$$m = 1126,8$$

4. Визначаємо локсодромічний курс по формулі:

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

$$K_\lambda = \operatorname{arctg}(1126,8/\sqrt{1126,8^2 + 38^2}) = 1,9^\circ.$$

5. Розраховуємо оксодромічну відстань:

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

$$S_\lambda = 1041' / \cos(1,9^\circ) = 1041,7 \text{ миль}$$

6. Розраховуємо довжину ортодромії за формулою:

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

$$D = 1041,6 \text{ миль}$$

7. Визначаємо доцільність плавання по ортодромії:

$$\Delta D = S_d - D \quad (2.5)$$

$$\Delta D = 1041,7 - 1041,6 = 0,1 \text{ милі.}$$

Отже, ортодромія лише на 0,1 милі 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 представлено на рис 2.4.

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.

Distance		Plan speed	Enroute	Departure	Time		Color	Style	Width	
4575.2 NMi		11.5	16d 14H 1M	2025-02-12	16:00:00	Local@PC	Default color	Default	Default	

L...	To wayp...	Distance	Total Distan...	Latitude	Longitude	ETE	ETA	Speed	Description	Course
---		0.0 NMi	0.0 NMi	32° 55.0' S	151° 47.9' E	0M 1S	Start: 2/12/2025 16:00 (Nighttime)	6	Newcastle berth	039 °T
1	001	0.6 NMi	0.6 NMi	32° 54.5' S	151° 48.4' E	2M 59S	2/12/2025 16:02 (Nighttime)	11.5		068 °T
2	002	21.3 NMi	21.9 NMi	32° 46.5' S	152° 11.9' E	1H 51M	2/12/2025 17:54 (Nighttime)	11.5	P.S. departure	047 °T
3	003	26.5 NMi	48.4 NMi	32° 28.5' S	152° 35.0' E	2H 18M	2/12/2025 20:12 (Nighttime)	11.5		028 °T
4	004	53.2 NMi	101.7 NMi	31° 41.4' S	153° 04.3' E	4H 38M	2/13/2025 00:50 (Daytime)	11.5		015 °T
5	005	176.9 NMi	278.6 NMi	28° 50.8' S	153° 58.6' E	15H 23M	2/13/2025 16:13 (Nighttime)	11.5		002 °T
6	006	1041.1 NMi	1319.7 NMi	11° 30.3' S	154° 36.6' E	3d 18H 32M	2/17/2025 10:45 (EvTwilight)	11.5		344 °T
7	007	152.9 NMi	1472.6 NMi	09° 03.6' S	153° 52.9' E	13H 18M	2/18/2025 00:02 (Daytime)	11.5		297 °T
8	008	404.9 NMi	1877.4 NMi	06° 00.7' S	147° 48.5' E	1d 11H 12M	2/19/2025 11:15 (EvTwilight)	11.5		328 °T
9	009	63.2 NMi	1940.7 NMi	05° 07.3' S	147° 14.5' E	5H 30M	2/19/2025 16:45 (Nighttime)	11.5		310 °T
10	010	123.7 NMi	2064.4 NMi	03° 47.7' S	145° 39.5' E	10H 45M	2/20/2025 03:30 (Daytime)	11.5		291 °T
11	011	1101.7 NMi	3166.1 NMi	02° 43.7' N	128° 29.1' E	3d 23H 48M	2/24/2025 03:18 (Daytime)	11.5		281 °T
12	012	178.3 NMi	3344.4 NMi	03° 18.3' N	125° 33.9' E	15H 30M	2/24/2025 18:48 (Nighttime)	11.5		284 °T
13	013	363.5 NMi	3707.9 NMi	04° 44.6' N	119° 39.9' E	1d 7H 37M	2/26/2025 02:25 (Daytime)	11.5		345 °T
14	014	68.7 NMi	3776.6 NMi	05° 51.0' N	119° 22.2' E	5H 58M	2/26/2025 08:23 (Daytime)	11.5		314 °T
15	015	169.6 NMi	3946.2 NMi	07° 47.8' N	117° 18.4' E	14H 45M	2/26/2025 23:08 (Nighttime)	11.5		262 °T
16	016	19.2 NMi	3965.4 NMi	07° 45.1' N	116° 59.2' E	1H 40M	2/27/2025 00:48 (Daytime)	11.5		285 °T
17	017	497.1 NMi	4462.5 NMi	09° 57.7' N	108° 54.3' E	1d 19H 14M	2/28/2025 20:02 (Nighttime)	11.5		281 °T
18	018	110.6 NMi	4573.0 NMi	10° 18.5' N	107° 04.0' E	9H 37M	3/1/2025 05:39 (Daytime)	11.5	P.S. arrival	330 °T
19	019	1.4 NMi	4574.4 NMi	10° 19.7' N	107° 03.3' E	13M 50S	3/1/2025 05:52 (Daytime)	6		331 °T
20	020	0.8 NMi	4575.2 NMi	10° 20.4' N	107° 02.9' E	8M 1S	3/1/2025 06:01 (Daytime)	6	Vung Tau berth	Arrived

Рисунок 2.4 – Маршрутный план перехода

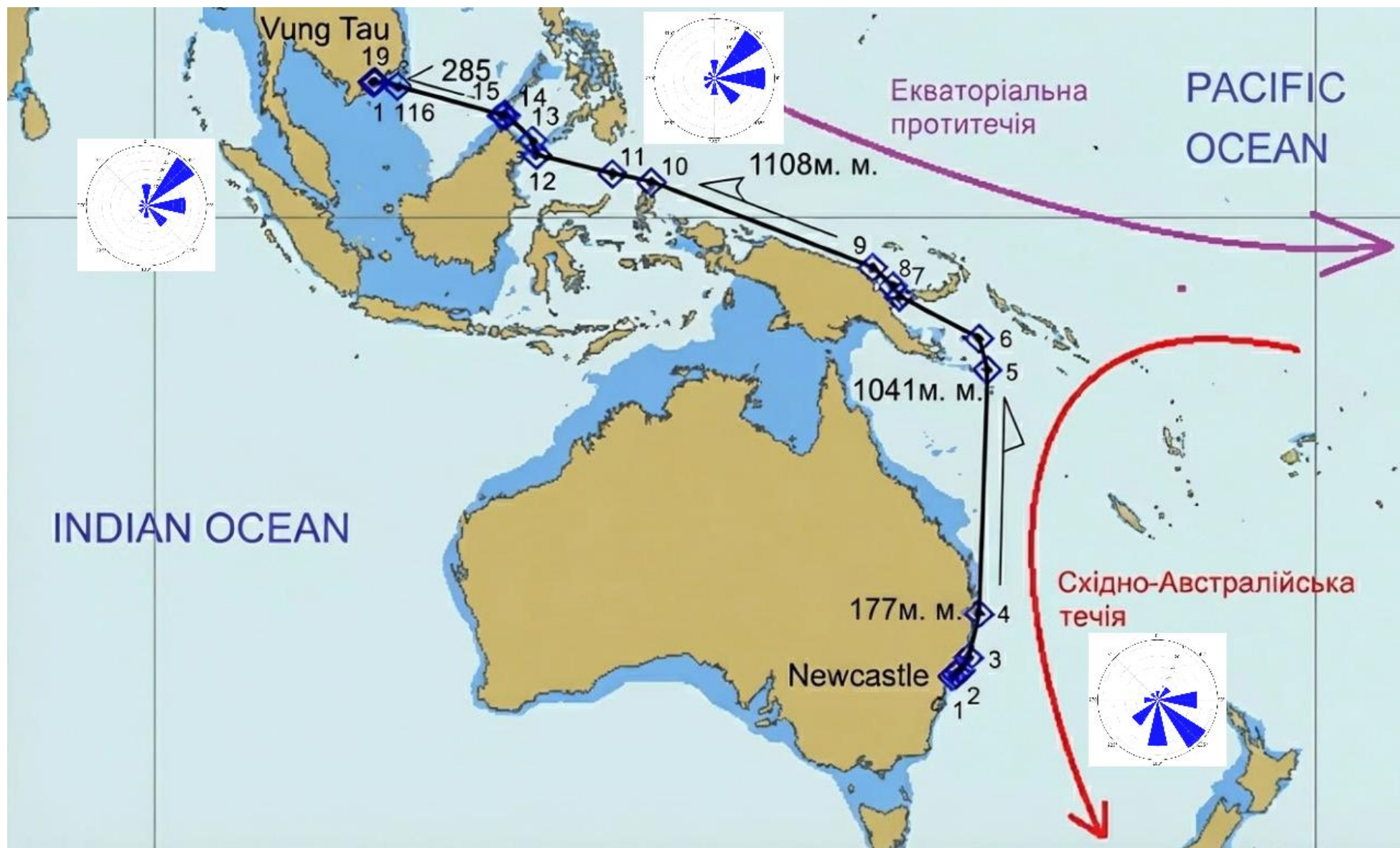


Рисунок 2.5 – Графічний план переходу

2.3.4 Розрахунок природної освітленості

Розрахунки освітленості виконують двома послідовними наближеннями:
 – за широтою φ і датою запланованого плавання виберемо з Nautical Almanac [19] 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 [19] 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 2.9.

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:

$$ZT = GMT \pm ZD.$$

Розраховані елементи освітленості на початок, середину та кінець рейсу представлено у таблиці 2.9.

Таблиця 2.9 – Елементи освітленості

Date	Twilight ZT	SUN				Twilight ZT	MOON		
		Sunrise ZT	Z _N	Sunset ZT	Z _N		Moonrise ZT	Age	Moonset ZT
12.02	04:13	05:11	108°	18:35	252°	19:32	18:30	15 (99%)	06:11
20.02	05:25	06:11	102°	19:10	258°	19:10	23:40	21 (56%)	11:50
1.03	05:09	05:54	98°	17:49	262°	18:35	08:05	2 (4%)	20:07

2.3.5 Розрахунок висот приливів та побудова графіків приливів

Здійснюємо розрахунок приливних явищ для портів відходу і приходу, користуючись Admiralty Total Tide.

В таблицях 2.10 – 2.11 наведено інформацію про висоту приливів у портах Ньюкасл і Вунг Тау відповідно, а на рисунках 2.6 – 2.7 зображено графік приливних явищ у цих портах.

Таблиця 2.10 – приливні явища порту Ньюкасл

TIDAL FORM				
STANDART PORT: NEWCASTLE				
DATE 12.02.2025		TIME ZONE –10:00		
Time		Height		RANGE
HW	LW	HW	LW	
08:11	01:39	1,8	0,5	1,3
20:51	14:50	1,4	0,3	1,1

Таблиця 2.11 – приливні явища порту Вунг Тау

TIDAL FORM

STANDART PORT: MUI VUNG TAO

DATE 01.03.2025

TIME ZONE -07:00

Time		Height		RANGE
HW	LW	HW	LW	
01:47	08:39	3,8	0,5	3,3
15:12	21:01	3,7	1,7	2,0

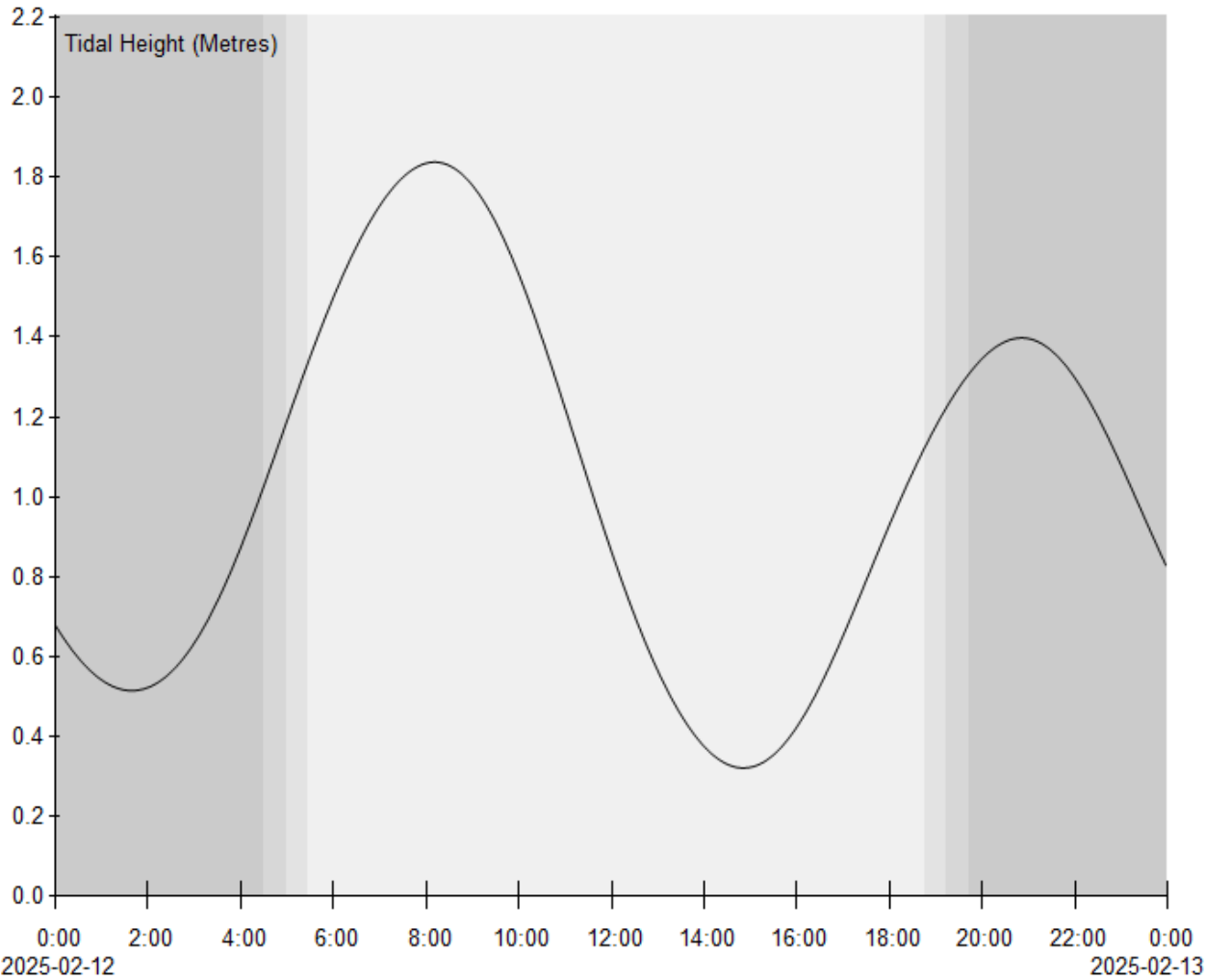


Рисунок 2.6 – Приливні явища порту Ньюкасл 12.02.2025

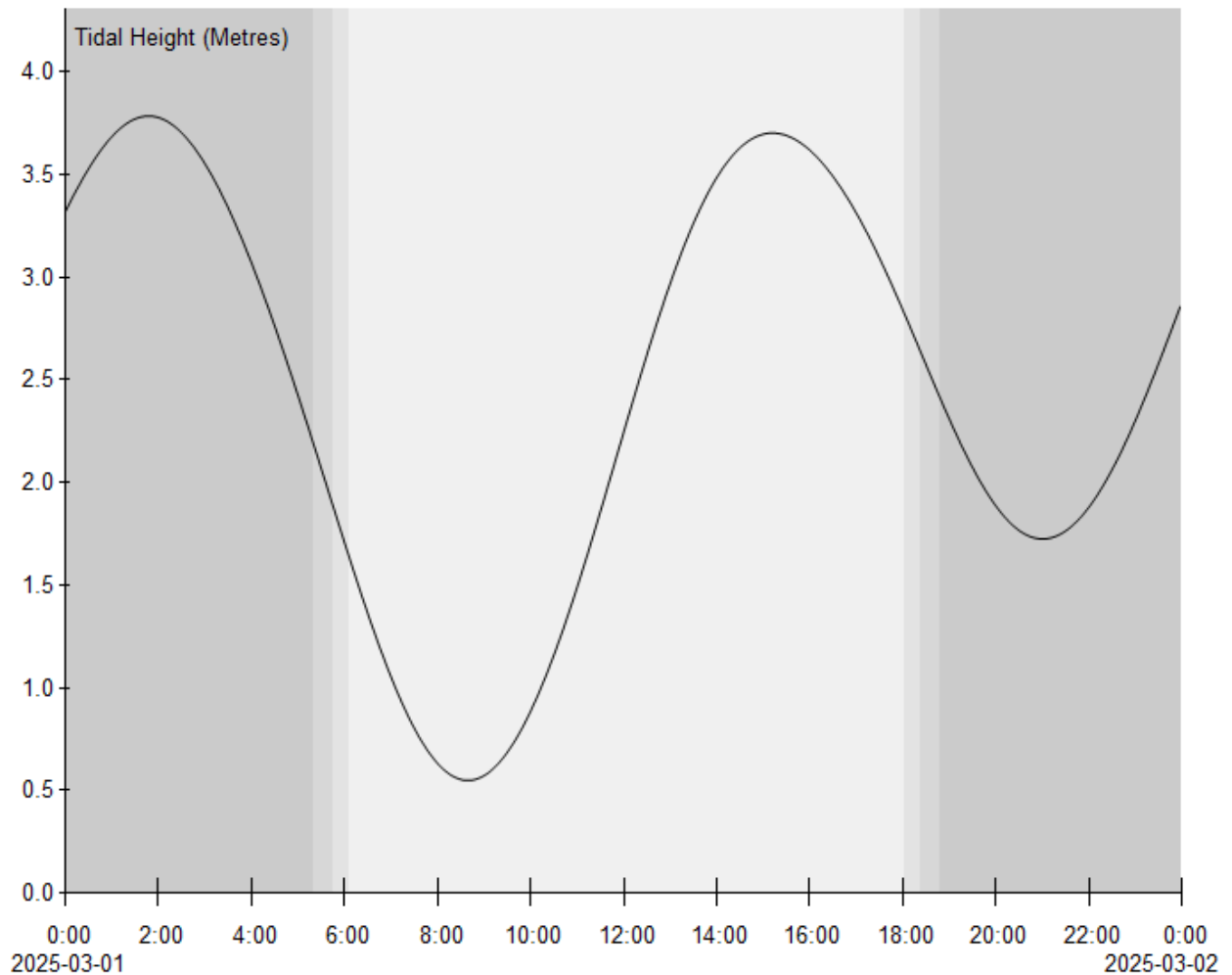


Рисунок 2.7 – Приливні явища порту Вунг Тау 01.03.2025

2.4 Висновки

В ході виконання даного розділу було здійснено комплексний аналіз навігаційних, гідрометеорологічних та організаційних факторів, що визначають рівень безпеки мореплавства на переході між портами Ньюкасл (Австралія) та Вунг Тау (В'єтнам). Робота виконана відповідно до вимог Конвенції SOLAS [3], Кодексу STCW [4] та положень Резолюції ІМО А.893(21) [5], що регламентують порядок оцінки, планування, виконання та контролю морського переходу.

На етапі оцінки переходу проведено підбір навігаційних карт та публікацій за Каталогом Адміралтейських карт, визначено відповідні райони NAVAREA, NAVTEX-станції та джерела отримання навігаційних попереджень.

Аналіз показав, що на всіх етапах маршруту судно має доступ до достатнього обсягу навігаційної інформації, включаючи гідрометеорологічні прогнози, штормові попередження та повідомлення про зміни в навігаційній обстановці.

Під час гідрометеорологічного аналізу перехід було розділено на три ключові ділянки. Для кожної з них визначено атмосферний тиск, повторюваність вітрів, температури води й повітря, видимість, хмарність, характеристики хвиль та течій. Отримані дані підтвердили, що в лютому маршрут проходить через акваторії з відмінними кліматичними режимами – від нестійкої літньої погоди південної півкулі біля Австралії до стабільного зимового північно-східного мусону в районі Індонезії та Південнокитайського моря. Найбільш суттєвими факторами ризику виступають локальні грозові явища на південній ділянці та посилення вітру у завершальній частині переходу. Ймовірність прямого впливу тропічних циклонів у цей період значно нижча, однак залишкові циклони та фронтальні зони можуть впливати на хвилювання та видимість, що потребує постійного моніторингу та оцінки.

Для забезпечення надійності навігаційних рішень були виконані розрахунки природної освітленості. Це дозволяє точно прогнозувати умови видимості у ті періоди, коли планується прохід складних або інтенсивно завантажених районів. Додатково проведено розрахунок приливних явищ для портів відходу та приходу, що є важливим елементом безпеки при маневруванні в акваторіях зі значною припливною активністю.

У рамках навігаційних розрахунків визначено доцільність використання ортодромії. Результати показали, що різниця між довжиною ортодромічної та локсодромічної траєкторій на ключовій ділянці маршруту становить лише 1 кбт., що робить слідування ортодромією недоцільним. Складені маршрутні листи містять усі необхідні дані для безпечного слідування: курси, відстані, координати поворотних пунктів, швидкість та час проходження.

Також проведено аналіз портів Ньюкасл і Вунг Тау. Для обох портів визначено райони лоцманської проводки, особливості маневрування, якірні райони, схеми зв'язку та основні навігаційні обмеження. Це дозволяє

забезпечити безпечне входження й вихід судна, а також уникнути порушень у зоні інтенсивного трафіку та підводної інфраструктури.

Узагальнюючи результати виконаної роботи, можна зробити висновок, що навігаційне та гідрометеорологічне забезпечення, розроблене в цьому розділі, є достатнім для безпечного виконання переходу Ньюкасл – Вунг Тау. За умови дотримання розробленого плану, регулярного контролю за фактичними погодними умовами, коректної взаємодії з портовими службами та використання актуальних навігаційних попереджень, безпека мореплавства на всіх ділянках маршруту вважається забезпеченою.

РОЗДІЛ 3

ОБРОБКА ТА РОЗМІЩЕННЯ ВАНТАЖІВ

3.1 Транспортні характеристики вантажів

Одним з важливих етапів підготовки до розрахунку вантажного плану є детальне вивчення транспортних характеристик і властивостей вантажів, правильний облік яких сприяє забезпеченню безпеки плавання судів, своєчасній і збереженій доставці вантажів.

Перевезення навалювальних і зернових вантажів регламентуються рядом міжнародних документів:

- International Convention for the Safety of Life at Sea (SOLAS 74/78), Chapters VI, VII [3];
- International Convention for the Prevention of Pollution from Ships (MARPOL 73/78) [22];
- International Maritime Dangerous Goods Code (IMDG Code) [23];
- International Maritime Solid Bulk Cargoes Code (IMSBC Code) [24];
- Code of Practice for the Safe Loading and Unloading of Bulk Carriers (BLU Code) [25];
- International Code for the Safe Carriage of Grain in Bulk (Grain Code) [26];
- Guidance to Ship's Crews and Terminal Personnel for Bulk Carrier Inspections [27];
- Thomas Stowage: The Properties and Stowage of Cargoes [28].

Інформація про транспортні характеристики навалювальних і зернових вантажів має містити:

- 1) загальні та специфічні властивості;
- 2) значення фактичного вологовмісту вантажів на момент завантаження судна та значення максимально допустимого;
- 3) схильність до зміщення та розріджування;

- 4) вимоги до штівки вантажів;
- 5) методи, що використовуються для запобігання можливості зміщення навалювальних вантажів;
- 6) небезпечні властивості;
- 7) здатність вантажів до самонагрівання та самозаймання;
- 8) здатність виділяти вибухонебезпечні та токсичні гази;
- 9) перелік приладів контролю стану атмосфери вантажних приміщень та температури вантажів;
- 10) необхідність та обґрунтування обраного методу фумігації відповідно виду вантажів.

Вантаж даного рейсу – *Вугілля (Coal)*.

Транспортні характеристики цього вантажу беруться відповідно до IMSBC Code.

Загальний опис речовини:

Вугілля – це осадова горюча гірська порода органічного походження, що складається переважно з вуглецю, летких речовин, сірки та вологи. Перевозиться навалом у вигляді сипкого матеріалу від дрібної фракції до великих грудок.

Фізичні та хімічні властивості:

- Щільність (насипна): 0,8-1,1 т/м³.
- ПНО: 0,9-1,25 м³/т.
- Розмір частинок: від пилоподібного порошку до грудок декількох сантиметрів
- Група за IMSBC Code: Група В (вантаж із ризиком самонагрівання) та МНВ.
- Кут природного укосу: N/A.
- Основні властивості: горючий матеріал, може виділяти метан, може самонагріватися та самозайматися.

Небезпеки:

- Вантаж відноситься до категорії небезпечних навалочних вантажів.

- Може виділяти метан, що є вибухонебезпечним газом.
- Може споживати кисень у закритому трюмі.
- Є ризик самонагрівання та самозаймання за наявності повітря.
- Під час перевезення можливе накопичення чадного газу (CO) та токсичних газів.

Укладання та сегрегація:

- Завантаження відповідно до частини 5 IMSBC Code.
- Заборонено розміщення разом із джерелами тепла або матеріалами, що можуть окислюватися.
- Не повинно бути сторонніх включень, що здатні нагріватися.

Стан вантажних приміщень:

- Трюми повинні бути чистими, сухими і без залишків попередніх вантажів.
- Не допустити наявності іскор, масла, бруду або розігрітих поверхонь.
- Повинні бути доступні засоби для вимірювання газів і температури.

Запобіжні заходи від впливу погодних умов:

- Завантаження проводиться у сухому стані.
- Забороняється завантаження під час дощу та попадання води в трюми.
- Люки закривати після завершення операцій.

Інші запобіжні заходи:

- Регулярний контроль атмосфери в трюмах (O₂, CO, CH₄).
- Заборонено входити у трюм без газоаналізу.
- Не використовувати парову або гарячу вентиляцію.

Вентиляція:

- Примусова вентиляція як правило не застосовується, якщо немає окремих інструкцій.
- Забороняється подача повітря в трюм у разі підозри на самонагрівання.

Перевезення:

- Моніторинг температури і газів протягом усього рейсу.
- Доступні засоби пожежогасіння і контролю самонагрівання.

Вивантаження:

Немає спеціальних вимог, крім додержання пожежної та газової безпеки.

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

Таблиця 3.1 – Транспортні характеристики вантажу

Назва Вантажу	IMSBC Code			IMDG Code					Норми вантажних робіт, т/добу	
	Група	Питомий навантажувальний об'єм, м ³ /т	Кут природного укошу, °	Номер ООН	Клас	Знак маркування	Категорія розміщення і обробки	Аварійні дії (аварійна карта)	Порт навантаження	Порт вивантаження
Вугілля (Coal)	B	1,05	NA	1361	4.2		III	F-A, S-X	40000	30000

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

Однією з ключових умов безпечного виконання вантажних операцій є правильна підготовка судна, трюмів та вантажних пристроїв до приймання вантажу. Ці роботи виконуються палубною командою та потребують суворого дотримання технологічних вимог і правил безпеки. Будь-яка помилка або недбалість у підготовці може призвести до пошкодження вантажного обладнання, обриву такелажу, зриву вантажних операцій, а також стати причиною значних матеріальних збитків чи нещасних випадків.

Перед завантаженням незалежно від виду та властивостей вантажу здійснюється загальна підготовка вантажних приміщень. Основні вимоги до стану трюмів полягають у тому, що вони мають бути чистими, сухими та не

містити сторонніх запахів або залишків попередніх вантажів. Для цього проводиться ретельне підмітання та очищення сміття, промивання трюмів водою з використанням щіток або тирси, а також провітрювання вантажних приміщень. Особливу увагу приділяють очищенню та осушенню льял, видаленню бруду й залишків води, а також перевірці та приведенню у справний стан льяльної та осушувальної системи. Після цього льяльні колодязі герметизують для запобігання потраплянню до них вантажу та забрудненню трубопроводів.

При підготовці трюмів перевіряється стан вантажних люків, горловин подвійного дна, фанових і шпігатних труб, вимірювальних і вентиляційних трубок. Необхідно впевнитися, що всі елементи перебувають у справному стані та виключають можливість підмочування або псування вантажу. Для остаточного осушування трюмів застосовують вентиляцію з розгорнутими вентиляційними головками або в'їздзейлями.

Якщо на судні раніше перевозилися вантажі з різким запахом або продукти, що могли загнитися, проводиться додаткове очищення. Для цього використовують гарячу воду з розчином негашеного вапна або мийні засоби для видалення плям, залишків нафтопродуктів та органічних речовин.

Паралельно з підготовкою приміщень проводять огляд і підготовку вантажних пристроїв та механізмів. Вантажні стріли, лебідки та такелаж встановлюються у робоче положення, перевіряється їх справність і працездатність. Відкриваються вантажні люки, готуються стропи та допоміжні вантажні пристрої, підкладкові матеріали, сепарація та засоби для кріплення вантажу. Оглядається електроосвітлення і готуються переносні лампи для роботи у трюмах.

Положення вантажних стріл та відтяжок встановлюють з урахуванням забезпечення безпечного і зручного доступу шкентеля до зони завантаження. Нижні блоки відтяжок закріплюються по бортах, а слабина вибирається із коригуванням положення стріли у процесі роботи.

Таким чином, правильна та послідовна підготовка судна і вантажних приміщень є запорукою безпечного виконання вантажних операцій, збереження вантажу та попередження аварійних ситуацій, а також забезпечує відповідність судна вимогам безпеки мореплавства під час приймання та перевезення вантажів.

При морському перевезенні вантажів оформлюється стандартний пакет документів, який забезпечує законність, ідентифікацію та контроль за вантажем протягом усього транспортування. До основних документів належать:

Коносамент (Bill of Lading)

Це головний перевізний документ, який підтверджує приймання вантажу на борт судна. Зазвичай оформлюється три оригінали коносамента, кожен з яких повинен бути підписаний та завірений судновою печаткою. Один примірник надсилається відправнику, другий залишається у перевізника, третій передається одержувачу.

Коносамент виконує одразу три функції:

- підтверджує факт приймання вантажу на судно;
- є товаророзпорядчим документом;
- може використовуватися як платіжний документ.

Вивантаження вантажу в порту призначення проводиться лише після пред'явлення оригіналу коносамента або на підставі гарантійного листа (Letter of Indemnity). Без цього капітан не має права передавати вантаж одержувачу.

Сертифікат кількості (Certificate of Quantity)

Підтверджує фактичну кількість вантажу, прийнятого на борт. Документ видається представником вантажного термінала або незалежним сюрвейєром за дорученням відправника. Сертифікат кількості дозволяє перевірити правильність даних у коносаменті, однак саме коносамент має пріоритет у разі розбіжностей.

Сертифікат якості (Certificate of Quality)

Містить технічну специфікацію вантажу: його склад, якість, фізичні та хімічні властивості. Сертифікат видається відправником вантажу, терміналом

або незалежною сюрвейерською організацією. На основі цього документа капітан підтверджує правильність внесених даних у коносамент.

Сертифікат про походження (Certificate of Origin)

Вказує країну походження вантажу. Оформлюється виробником або відправником та завіряється митними органами порту відправлення. У деяких країнах документ є обов'язковим для імпортного контролю. Водночас сертифікат не є додатком до коносамента і не змінює його змісту.

Акт обліку стояночного часу (Time Sheet)

Містить облік часу, витраченого на стоянку та виконання вантажних операцій у порту. Зазвичай формується агентом або судном, іноді – відправником вантажу. На його основі визначаються умови демереджу та диспачу.

Вантажний маніфест (Cargo Manifest)

Документ містить узагальнену інформацію про весь вантаж на судні, зокрема:

- найменування та тип вантажу;
- порт навантаження і порт вивантаження;
- кількість вантажу відповідно до коносаментів;
- його розміщення у трюмах або танках;
- відправник, одержувач та фрахтувальник судна;
- для небезпечних вантажів – номер UN та класифікація за ІМО.

Маніфест подається за вимогою портових або митних органів у порту призначення і використовується для контролю руху вантажів.

3.3 Розрахунок чистої вантажопідйомності судна

Міжнародна Конвенція про вантажну марку 1966 року (LL 66 – International Convention on Load Lines) [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_u) 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:

$$\Delta_l = 113\,516,0 \text{ т.}$$

У порту навантаження на дату відходу діє літня вантажна марка, посеред переходу судно діє тропічна вантажна марка, а у порту вивантаження – сезонна тропічна вантажна марка.

Розрахункова водотоннажність визначається за літньою вантажною маркою, що значить $\Delta_p = \Delta_l$.

$$\Delta_p = \Delta_l = 113\,516,0 \text{ т.} \quad (3.1)$$

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

$$\Delta_w = \Delta_p - \Delta_o = 113\,516,0 - 14\,786 = 98\,730,0 \text{ т}, \quad (3.2)$$

де Δ_o – водотоннажність судна порожнем.

Чисту вантажопідйомність судна (Δ_q) знаходять шляхом віднімання від величини дедвейту судна маси рейсових запасів ($P_{\text{зап}}$), 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:

$$\begin{aligned} \Delta_q &= \Delta_w - \sum_{j=1}^m P_{\text{зап}j} - \text{const}, \\ \Delta_q &= 98\,730,0 - 1\,183,3 - 98,6 = 97\,382,8 \text{ т}. \end{aligned} \quad (3.3)$$

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

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

Рейсові запаси знаходять як суму:

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^m P_{\text{зап}j} &= P_x^{\text{зап}} + P_{\text{ст}}^{\text{зап}}, \\ P_{\text{зап}} &= 1\,183,3 + 65,4 = 1\,248,6 \text{ т}, \end{aligned} \quad (3.4)$$

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:

$$P_x^{\text{зап}} = P_x^T + P_x^B + P_x^{\text{см}}, \quad (3.5)$$

$$P_x^{\text{зап}} = 1\,023,2 + 108,9 + 51,2 = 1\,183,3 \text{ т},$$

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

Більш детально:

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

$$P_x^B = q_x^B \cdot (t_x + t_{\text{шт}}), \quad (3.7)$$

$$P_x^{\text{см}} = 0,05 \cdot P_x^T, \quad (3.8)$$

$$P_x^m = 47 \cdot (16,77 + 5) = 1\,023,2 \text{ т},$$

$$P_x^e = 5 \cdot (16,77 + 5) = 108,9 \text{ т},$$

$$P_x^{\text{см}} = 882,2 \cdot 0,05 = 51,2 \text{ т},$$

де q_x^T, q_x^B – добова норма витрат палива та води на ходу, т/діб;

t_x – ходовий час, діб;

$t_{\text{шт}}$ – штормовий час, діб.

Штормовий час ($t_{\text{шт}}$) 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:

$$t_x = \frac{L}{24V} + t_{\text{зп}}, \quad (3.9)$$

$$t_x = \frac{4\,572,2}{24 \cdot 11,5} + 0,2 = 16,77 \text{ діб},$$

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:

$$P_{ст}^{зап} = q_{ст}^T \cdot t_{ст} + q_{ст}^B \cdot t_{ст}, \quad (3.10)$$

$$P_{ст}^{зап} = 6,5 \cdot 5,68 + 5 \cdot 5,68 = 65,3 \text{ т},$$

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,

$$t_{ст} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i}{M}, \quad (3.11)$$

$$t_{ст} = \frac{97\,300}{40\,000} + \frac{97\,300}{30\,000} = 5,68 \text{ діб},$$

де Q_i – маса вантажу одного найменування, т;

n – кількість найменувань вантажу;

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

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

Фактична кількість вантажів, яку можна прийняти до перевезення на даний рейс, залежить від:

- чистої вантажопідйомності судна (Δ_u);
- вантажомісткості судна (W_c);

– питомого навантажувального об'єму вантажу (u).

Порівняємо фактичну масу та об'єм вантажу з чистою вантажопідйомністю та вантажомісткістю судна:

$$Q_{заг} < \Delta_{ч}, \quad (3.12)$$

$$97\,300,0 \text{ т} < 97\,382,8 \text{ т}.$$

$$W_{ван} < W_c \quad (3.13)$$

$$102\,165,0 \text{ м}^3 < 113\,327,1 \text{ м}^3.$$

Результати розрахунку показують, що параметри не перевищують допустимі.

3.4 Складання вантажного плану

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

При складанні вантажного плану для навалювальних і зернових вантажів на практиці використовується принцип розподілу вагового навантаження по довжині судна пропорційно об'єму вантажних приміщень за допомогою коефіцієнту співвідношення вантажомісткості кожного вантажного приміщення (k_{ci}), що визначається за формулою:

$$k_{ci} = \frac{W_i}{W_c} \quad (3.14)$$

де W_i – вантажомісткість i -го вантажного приміщення, м^3 ;

W_c – вантажомісткість судна, м^3 ;

i – номер вантажного приміщення ($i = 1, 2, \dots, n$).

Значення розподіленої маси для i -го вантажного приміщення (Q_i) визначається як добуток коефіцієнту співвідношення вантажомісткості i -го

вантажного приміщення (k_{ci}) на розраховану загальну масу вантажів, що приймається на даний рейс ($Q_{заг}$):

$$Q_i = Q_{заг} \cdot k_{ci} \quad (3.15)$$

Розрахунок розподіленої маси вантажних приміщень виконано в табличній формі (табл. 3.2).

Таблиця 3.2 - Розподіл вагового навантаження по вантажних приміщеннях судна

Найменування вантажного приміщення	Вантажомісткість вантажного приміщення, W_i , м ³	Коефіцієнт співвідношення, k_{ci}	Максимально допустиме вагове навантаження вантажного приміщення $Q_{i,T}$
Трюм № 1	14694,5	0,1298	12630
Трюм № 2	17277,0	0,1525	14838
Трюм № 3	16720,5	0,1477	14371
Трюм № 4	15581,6	0,1376	13388
Трюм № 5	17287,5	0,1527	14858
Трюм № 6	16572,4	0,1463	14235
Трюм № 7	15103,6	0,1334	12980
Разом	113237,1	1	97300

Сумарна розподілена маса вантажів по твіндекам, трюмам і на палубі має відповідати завантаженню судна та є підставою для складання вантажного плану. По результатам розподілу вагового навантаження (табл. 3.2) складається зведена таблиця з підсумковими результатами по кожному вантажному приміщенню, виду вантажу та судну в цілому (табл. 3.3).

Таблиця 3.3 – Розміщення вантажів на судні

Назва приміщення	Об'єм трюму, м ³	Вугілля		
		Рівень заповнення трюму, %	Об'єм вантажу, м ³	Маса вантажу, т
Трюм № 1	14694,5	79	11550,0	11000,0
Трюм № 2	17277,0	79	13650,0	13000,0
Трюм № 3	16720,5	88	14700,0	14000,0
Трюм № 4	15581,6	96	15015,0	14300,0
Трюм № 5	17287,5	94	16275,0	15500,0
Трюм № 6	16572,4	98	16275,0	15500,0
Трюм № 7	15103,6	97	14700,0	14000,0
Разом	113237,1	-	102165,0	97300,0

3.5 Характеристика експлуатаційних умов рейсу

В цьому підрозділі наведемо техніко-експлуатаційні характеристики портів Ньюкасл (Австралія) та Вунг Тау (В'єтнам), 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.

Відстань між портами: 4572,2 миль.

Дата початку рейсу: 12.02. 2025.

Інформацію взято з Guide to Port Entry [18].

Ньюкасл (Австралія)

Країна та місце розташування порту: Австралія, штат Новий Південний Уельс, м. Newcastle, гирло річки Hunter.

Вантажна марка, що застосовуються в порту: Літня вантажна марка.

Глибини та щільність води у вантажних терміналах: Підхідні канали мають глибини близько 15-16,5 м, у внутрішніх акваторіях та на вугільних терміналах – до ~16,5 м; порт приймає судна типів Panamax, Post-Panamax, Newcastlemax.

Щільність води – 1025 кг/м³.

Основні портові правила, години роботи та святкові дні: Порт розташований у штаті Новий Південний Уельс, тому діє стандартний перелік державних свят NSW: New Year's Day, Australia Day, Good Friday, Easter Saturday, Easter Sunday, Easter Monday, Anzac Day, King's Birthday, Labour Day, Christmas Day.

Офіси адміністрації порту на великі свята (особливо період Різдва і Нового року) можуть бути закриті, однак портові операції та вантажна робота, як правило, тривають, працюють служби руху і термінали, заздалегідь погоджується графік і можливі надбавки за роботу у вихідні й свята.

Портові формальності та порядок обслуговування судна:

Обов'язкова лоцманська проводка, замовляється орієнтовно за 24 год до прибуття через агента; ЕТА підтверджується за 4 години до підходу, далі – координація з VTIS Newcastle.

При першому заході в Австралію – суворі митні та біобезпекові процедури: оформлення прикордонного та митного контролю, декларування запасів, сміття, баласту, судових вантажних і санітарних документів; огляд поза звичайними годинами та у святкові дні, як правило, оплачується з надбавкою.

Pratique зазвичай надається після подання попередніх декларацій про стан здоров'я екіпажу, вантаж і судно; документи подаються завчасно через агента в електронному вигляді.

Перелік основних послуг: Лоцманська проводка, буксирне забезпечення, агентські, стивідорні, сюрвейерські послуги, бункерування, водопостачання, постачання запасів, можливість виконання ремонтних робіт безпосередньо під час стоянки.

Вунг Тау (В'єтнам)

Країна та місце розташування порту: В'єтнам, південно-східне узбережжя, район м. Vũng Tàu, при вході в естуарій річок Сайгон, Ті Вай та Дінь.

Вантажні марки, що застосовуються в порту: Сезонна тропічна вантажна марка.

Глибини та щільність води у вантажних терміналах: Портові райони та термінали (контейнерні, нафтові, газові) мають глибини до 14 м біля причалів та до ~14–15,2 м на нафтових терміналах, що дозволяє приймати середньо- та великотоннажні судна та танкери.

Щільність води – 1021 кг/м³.

Основні портові правила, офіційні години та святкові дні:

Офіційний режим роботи терміналів – як правило, 24/7, але адміністративні служби, державні органи контролю (митниця, прикордонна служба) працюють за звичайним робочим графіком з обмеженнями у святкові періоди.

У В'єтнамі діє низка загальнодержавних свят, під час яких можуть бути скорочені години оформлення документів і можливі затримки: New Year's Day (1 січня), тривалий період Lunar New Year (орієнтовно кінець січня – початок лютого), Hung Kings Commemoration Day, Reunification Day (30 квітня), Labour Day (1 травня), National Day (2 вересня з додатковими вихідними).

Портові формальності та порядок обслуговування судна:

Вунг Тау є одним з портів першого заходу (first port of entry) з наявністю служб quarantine pratique, санітарного та іншого карантинного контролю; лоцманська проводка – обов'язкова для всіх суден.

Перед заходом судно подає через агента стандартний пакет документів: вантажні декларації, списки екіпажу та пасажирів, ISPS-документи, санітарну декларацію, інформацію про попередні порти заходу, небезпечні вантажі, відходи та баласт.

Під час стоянки виконуються митний, прикордонний та санітарний контроль; практично всі формальності здійснюються через суднового агента. Операції у нічний час, у вихідні та під час свят часто супроводжуються додатковими зборами та потребують завчасного погодження.

Перелік основних послуг: Обов'язкова лоцманська проводка, буксирне забезпечення, організовані якірні райони, агентські, стивідорні та сюрвейерські послуги, бункерування паливом, приймання води та запасів, обробка контейнерних, генеральних та наливних вантажів, базові ремонтні та сервісні роботи.

РОЗДІЛ 4

ОЦІНКА МОРЕХІДНИХ ЯКОСТЕЙ СУДНА

4.1 Розрахунок водотоннажності й координат центра ваги судна

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

Під час розподілу запасів варто враховувати, що паливо в першу чергу приймається й в останню чергу витрачається з видаткових і відстійних цистерн, а на прихід, крім стоянкових, звичайно враховують залишок 10% ходових запасів незалежно від прийнятого коефіцієнта штормового запасу.

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

Приймати баласт для даного переходу немає як необхідності, так і можливості (не зменшуючи кількість вантажу), так як судно завантажено по літню вантажну марку.

Розподіл вантажів по вантажних приміщеннях представлено у табл. 4.3.

Місцева міцність днища судна є забезпеченою, так як питомий навантажувальний об'єм вантажу складає $1,05 \text{ м}^3/\text{т}$, а допустимим є навантаження повних трюмів №2, 4 та 6 вантажем зі щільністю $1,00 \text{ т/м}^3$, а трюмів №1, 3, 5 та 7 - $1,54 \text{ т/м}^3$.

На рисунку 4.1 представлено вантажний план судна.

Таблиця 4.1 – Розподіл запасів на відхід

Найменування цистерн	Міст- кість, т (98%)	На відхід				
		Маса, т	Плечі, м		Моменти, тм	
			<i>x</i>	<i>z</i>	<i>M_x</i>	<i>M_z</i>
Моторне паливо 0,935 т/м ³						
NO.1 F.O.T. P	677,5	677,5	-48,6	18,46	-32920	12507
NO.1 F.O.T. S	677,5	258,0	-48,59	18,46	-12536	4763
F.O. SETT. T.	30,6	30,6	-95,53	12,09	-2923	370
NO.1 F.O. SERV. T.	30,8	30,8	-97,62	12,15	-3007	374
NO.2 F.O. SERV. T.	26,3	26,3	-99,82	12,17	-2625	320
ВСЬОГО МОТОРНОГО ПАЛИВА		1023,2	-52,79	17,92	-54011	18334
Дизельне паливо 0,900 т/м ³						
DIESEL O.T. S	95,0	43,2	-100,27	17,31	-4332	748
D.O. SERV T.	22,1	22,1	-102,57	17,3	-2267	382
ВСЬОГО ДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВА		65,3	-101,05	17,31	-6598	1130
Мастило 0,900 т/м ³						
M/E L.O. RESERV.T.	37,3	20,9	-98,78	11,78	-2065	246
CYL. O. STOR. T.	21,5	8,0	-98,93	11,67	-791	93
M/E L.O. SUMP. T.	22,3	22,3	-99,45	1,05	-2218	23
ВСЬОГО МАСТИЛА		51,2	-99,10	7,09	-5074	363
Прісна вода 1,000 т/м ³						
FRESH W.T.	233,8	67,3	-112,84	17,83	-7594	1200
DRINK W.T.	138,7	70	-112,65	17,78	-7886	1245
ВСЬОГО ВОДИ		137,3	-112,74	17,80	-15480	2445
ВСЬОГО ЗАПАСІВ		1277,0	-63,557	17,440	-81163	22271

Таблиця 4.2 – Розподіл запасів на прихід

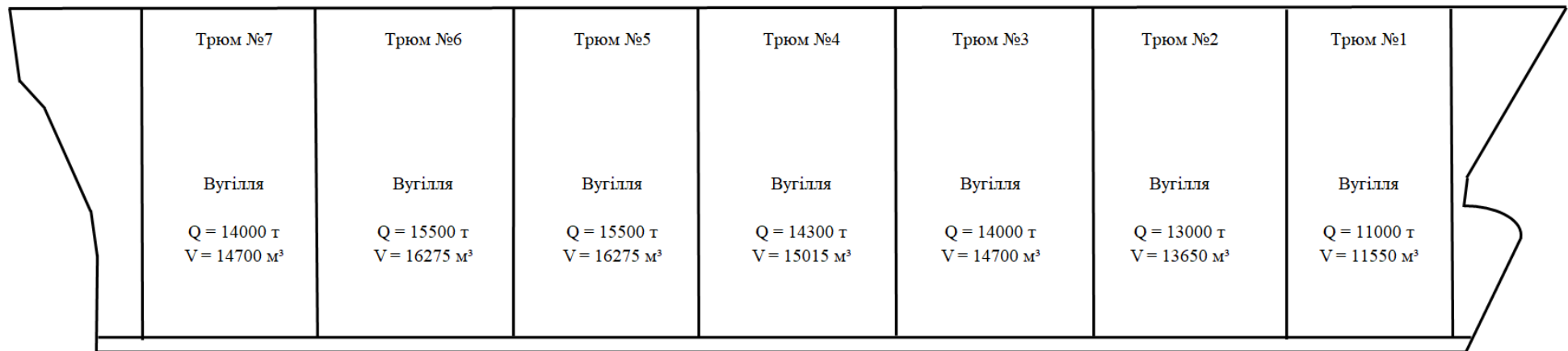
Найменування цистерн	Міст- кість, т (98%)	На відхід				
		Маса, т	Плечі, м		Моменти, тм	
			x	z	M _x	M _z
Моторне паливо 0,935 т/м ³						
NO.1 F.O.T. P	677,5	14,6	-48,6	18,46	-709	270
NO.1 F.O.T. S	677,5	0,0	-48,59	18,46	0	0
F.O. SETT. T.	30,6	30,6	-95,53	12,09	-2923	370
NO.1 F.O. SERV. T.	30,8	30,8	-97,62	12,15	-3007	374
NO.2 F.O. SERV. T.	26,3	26,3	-99,82	12,17	-2625	320
ВСЬОГО МОТОРНОГО ПАЛИВА		102,3	-90,56	13,04	-9265	1334
Дизельне паливо 0,900 т/м ³						
DIESEL O.T. S	95,0	27,4	-100,27	17,31	-2747	474
D.O. SERV T.	22,1	22,1	-102,57	17,3	-2267	382
ВСЬОГО ДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВА		49,5	-101,30	17,31	-5014	857
Мастило 0,900 т/м ³						
M/E L.O. RESERV.T.	37,3	2,0	-98,78	11,78	-198	24
CYL. O. STOR. T.	21,5	1,0	-98,93	11,67	-99	12
M/E L.O. SUMP. T.	22,3	2,1	-99,45	1,05	-209	2
ВСЬОГО МАСТИЛА		5,1	-99,09	7,34	-505	37
Прісна вода 1,000 т/м ³						
FRESH W.T.	233,8	15	-112,84	17,83	-1693	267
DRINK W.T.	138,7	14,9	-112,65	17,78	-1678	265
ВСЬОГО ВОДИ		29,9	-112,75	17,81	-3371	532
ВСЬОГО ЗАПАСІВ		186,8	-97,191	14,776	-18155	2760

Таблиця 4.3 – Розподіл вантажів по вантажних приміщеннях

Назва приміщення	Об'єм трюму, м ³	%	Об'єм вантажу	Маса вантажу, т	Плечі, м		Моменти, тм	
					x	z	M _x	M _z
Трюм № 1	14694,5	79	11550	11000,0	90,49	8,04	995390	88402
Трюм № 2	17277,0	79	13650	13000,0	63,07	7,93	819910	103032
Трюм № 3	16720,5	88	14700	14000,0	34,73	8,60	486220	120435
Трюм № 4	15581,6	96	15015	14300,0	7,76	9,26	110968	132363
Трюм № 5	17287,5	94	16275	15500,0	-19,69	9,06	-305195	140441
Трюм № 6	16572,4	98	16275	15500,0	-47,97	9,42	-743535	146077
Трюм № 7	15103,6	97	14700	14000,0	-76,05	10,16	-1064700	142185
Разом	113237,1	–	102165	97300,0	3,074	8,972	299058	872935

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

Розрахунок водотоннажності судна на відхід і прихід представлено у таблицях 4.4 і 4.5 відповідно.



Трюм №7	Трюм №6	Трюм №5	Трюм №4	Трюм №3	Трюм №2	Трюм №1	
Вугілля	Вугілля	Вугілля	Вугілля	Вугілля	Вугілля	Вугілля	
Q = 14000 т V = 14700 м³	Q = 15500 т V = 16275 м³	Q = 15500 т V = 16275 м³	Q = 14300 т V = 15015 м³	Q = 14000 т V = 14700 м³	Q = 13000 т V = 13650 м³	Q = 11000 т V = 11550 м³	

Рисунок 4.1 – Вантажний план судна

Таблиця 4.4 – Зведені дані і розрахунок водотоннажності судна на відхід

Найменування статей навантаження	На відхід				
	Маса, т	Плечі, м		Моменти, тм	
		x	z	M_x	M_z
Судно порожнем	14786,0	-24,876	10,760	-367817	159097
Константа	98,6	-60,620	20,170	-5977	1989
Суднові запаси	1277,0	-63,557	17,440	-81163	22271
Вантаж	97300,0	3,074	8,972	299058	872935
ВСЬОГО ВОДОТОННАЖНІСТЬ	113461,6	-1,374	9,310	-155899	1056293

Таблиця 4.5 – Зведені дані і розрахунок водотоннажності судна на прихід

Найменування статей навантаження	На прихід				
	Маса, т	Плечі, м		Моменти, тм	
		x	z	M_x	M_z
Судно порожнем	14786,0	-24,876	10,760	-367817	159097
Константа	98,6	-60,620	20,170	-5977	1989
Суднові запаси	186,8	-97,191	14,776	-18155	2760
Вантаж	97300,0	3,074	8,972	299058	872935
ВСЬОГО ВОДОТОННАЖНІСТЬ	112371,4	-0,827	9,226	-92891	1036782

4.2 Розрахунки посадки і початкової остійності

Виконуємо розрахунок посадки судна на відхід і прихід, користуючись вантажною шкалою та гідростатичними кривими у табличній формі. Результат розрахунку посадки наведено у табл. 4.6.

Таблиця 4.6 – Розрахунки посадки судна на відхід і на прихід

Найменування величин	Позначення і формули	Значення величин	
		відхід	прихід
Водотоннажність масова, т	D	113461,6	112371,4
Абсциса центра ваги судна, м	x_g	-1,374	-0,827
Густина води, т/м ³	ρ_w	1,025	1,021
Водотоннажність об'ємна, м ³	$V = D / \rho_w$	110694,2	110060,1
Осадка судна, м	T (з вантажної шкали)	14,45	14,38
Момент диферентуючий на 1 см, тм/см	M_{cm} (з вантажної шкали)	1447,5	1445,2
Абсциса центра плавучості судна, м	x_c (з гідростатичних кривих)	-0,930	-0,89
Абсциса Ц.В. площі ватерлінії, м	x_f (з гідростатичних кривих)	-2,12	-2,07
Апліката поперечного метацентра, м	z_m (з гідростатичних кривих)	10,11	10,060
Коефіцієнт загальної повноти	δ (з гідростатичних кривих)	0,687	0,688
Диферент судна, м	$d = D (x_g - x_c) / (100 M_{cm})$	-0,35	0,05
Осадка судна носом, м	$T_n = T + (L/2 - x_f) d/L$	14,27	14,41
Осадка судна кормою, м	$T_k = T_n - d$	14,62	14,36

Виконаний розрахунок засвідчує, що осадка судна не перевищує допустиму вантажною маркою та обмежену умовами порту й плавання.

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

Поправки на вплив вільної поверхні рідких вантажів представлені у табл. 4.7.

Розрахунок параметрів початкової остійності виконано у табл. 4.8.

Таблиця 4.7 – Поправки на вплив вільної поверхні рідких вантажів

Найменування цистерн	Δm_h , тм
NO.1 F.O.T. S	1771
DIESEL O.T.	53
M/E L.O. RESERV.T.	14
FRESH W.T.	140
DRINK W.T.	37
Сума: $\Sigma \Delta m_h$	2015

Таблиця 4.8 – Розрахунок параметрів початкової остійності

Найменування величин	Позначення і формули	Значення величин	
		Відхід	Прихід
Водотоннажність масова, т	D	113461,6	112371,4
Невиправлена апліката центра ваги судна, м	z_{g0}	9,31	9,23
Апліката поперечного метacentра, м	z_m	10,11	10,06
Невиправлена метацентрична висота, м	$h_0 = z_m - z_{g0}$	0,80	0,83
Виправлення на вільні поверхні, м	$\Delta h = \Sigma \Delta m_h / D$	0,02	0,02
Виправлена апліката центра ваги судна, м	$z_g = z_{g0} + \Delta h$	9,33	9,24
Виправлена метацентрична висота, м	$h = h_0 - \Delta h$	0,78	0,81

4.3 Контроль остійності за матеріалами Інформації

Перевірку остійності за матеріалами Інформації виконаємо по критичній аплікаті центра ваги судна. Результати перевірки приведено у табл. 4.9.

Таблиця 4.9 – Перевірка остійності по критичній аплікаті центра ваги судна

Найменування величин	Позна-чення	Значення величин	
		Відхід	Прихід
Водотоннажність масова, т	D	113461,6	112371,4
Виправлена апліката центра ваги судна, м	z_g	9,31	9,23
Максимальна гранична апліката центра ваги судна, м	z_g^{max}	9,82	9,75

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. Плечі остійності форми l_ϕ вибираються по осадці для тих кутів крену, які приведені в таблиці. Ці плечі відлічуються від точки K , що відповідає кільовій лінії, то плечі остійності ваги розраховуються по формулі:

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

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. 4.10, на прихід – у табл. 4.11.

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

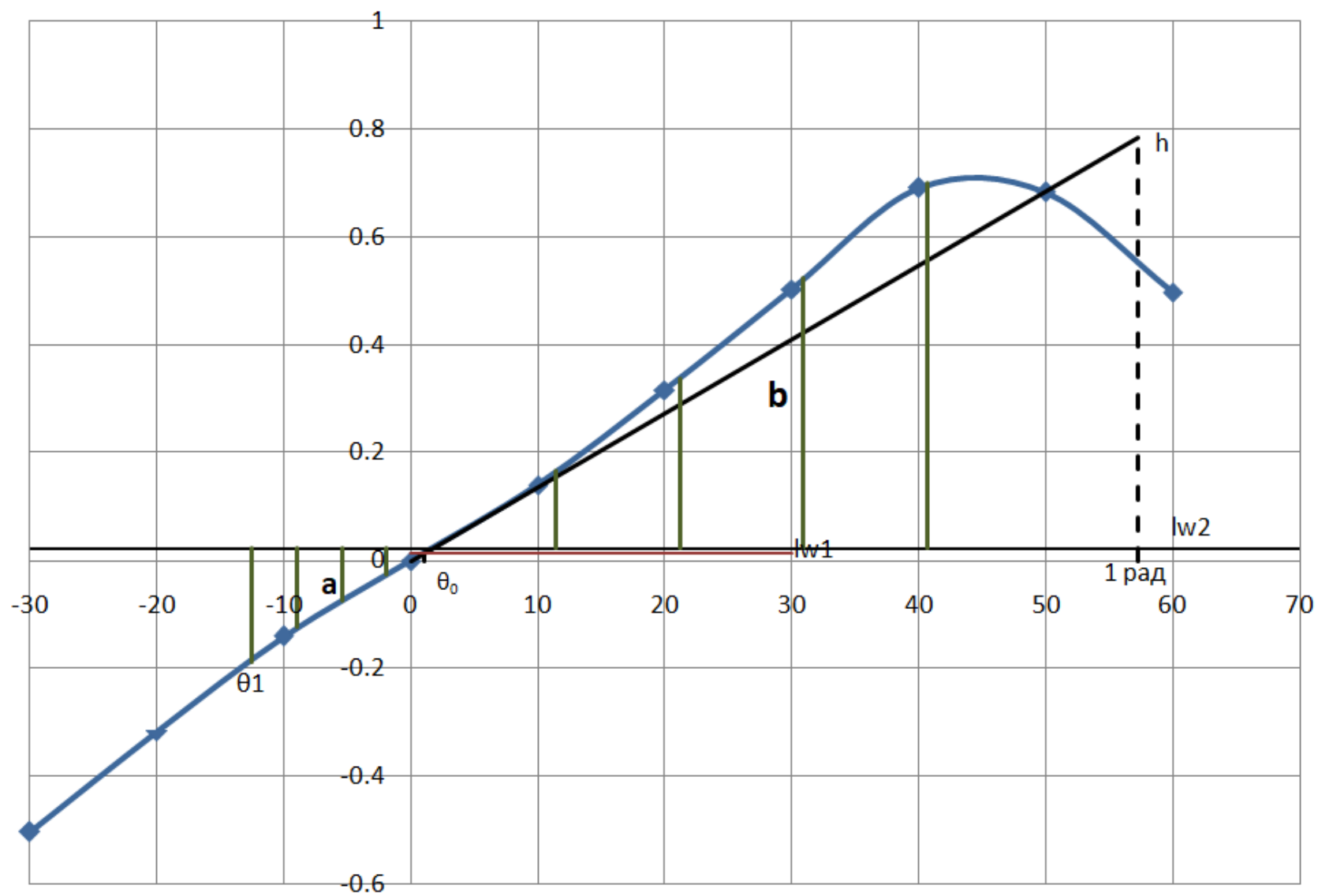


Рис 4.2 – Діаграма статичної остійності на відхід

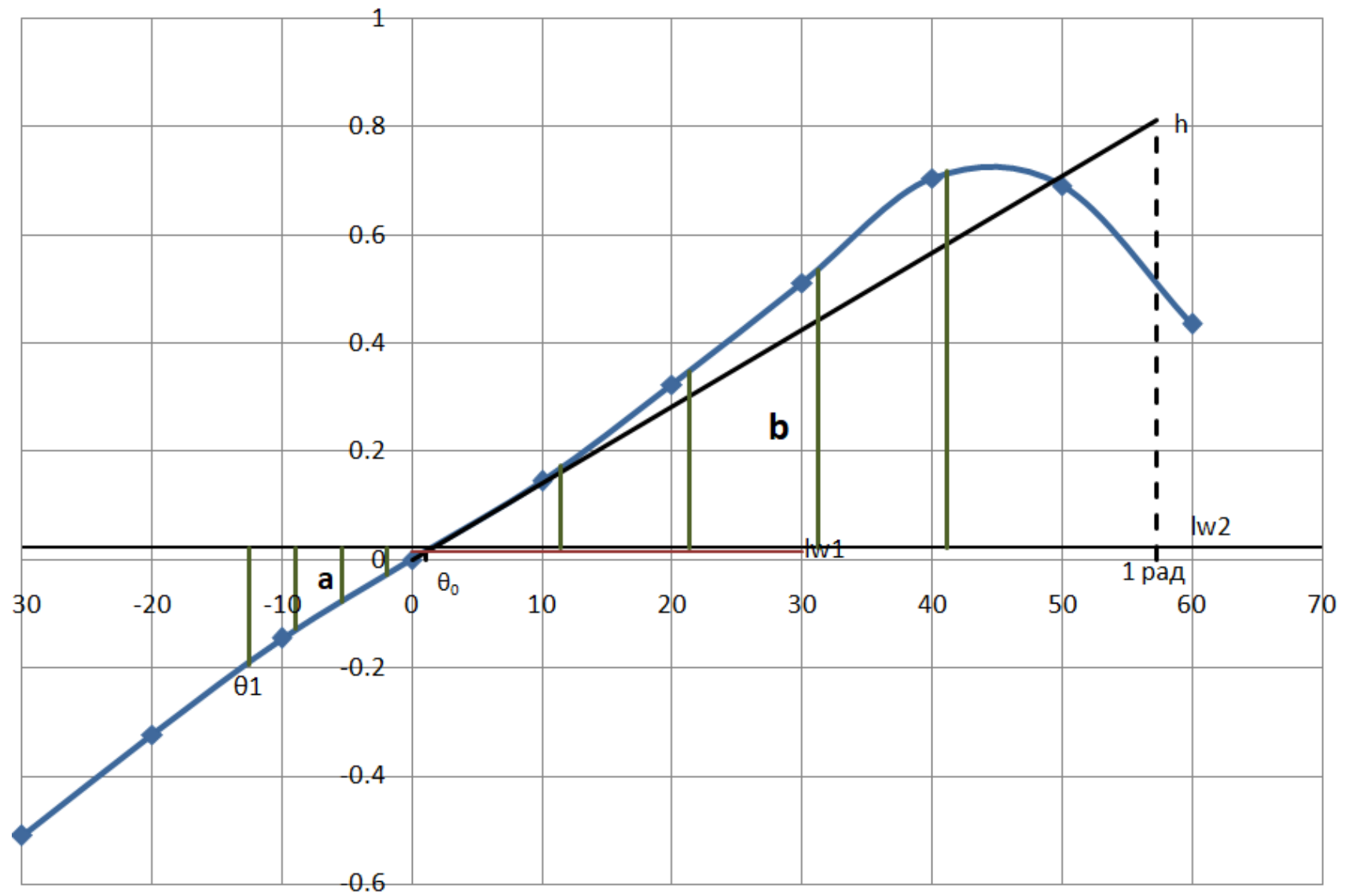


Рис 4.3 – Діаграма статичної остійності на прихід

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. 4.12.

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 по куту 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.

Таблиця 4.12 – Розрахунок нормованих параметрів остійності

Найменування величин	Позначення і формули	Значення величин	
		Відхід	Прихід
Водотоннажність масова, т	D	113461,6	112371,4
Осадка судна, м	T	14,45	14,38
Виправлена метацентрична висота, м	h	0,78	0,81
Площа парусності, м ²	A_v	2348,0	2364,0
Апліката центра парусності (ЦП), м	z	6,76	6,75
Плече парусності при постійному вітрі, м	$z_v = z + T/2$	13,985	13,940
Плече кренувального моменту від тиску вітру, м	$l_{w1} = 0,504 A_v z_v / (g D)$	0,015	0,015
Кренувальне плече від пориву вітру, м	$l_{w2} = 1,5 l_{w1}$	0,022	0,023
Відносна площа скулових кілей, %	$100 A_k / (L B)$	1,049	
Коефіцієнт	k	0,977	
Відносна ширина	B/T	2,63	2,64
Безрозмірний множник	X_1	0,956	0,954
Коефіцієнт загальної повноти	δ	0,687	0,688
Безрозмірний множник	X_2	0,992	0,993
Інерційний коефіцієнт	$c = 0,373 + 0,023B/T - 0,043L/100$	0,332	0,332
Період хитамиці, с	$T_\theta = 2 c B / \sqrt{h}$	28,52	28,00
Коефіцієнт	S	0,035	0,035
Коефіцієнт	$r = 0,73 + 0,6 (z_g - T) / T$	0,517	0,516
Амплітуда хитамиці, °	$\theta_r = 109 k X_1 X \sqrt{(rS)}$	13,6	13,5
Кут заливання, °	θ_f	40,7	41,1
Кут входу палуби у воду, °	$\theta_d = \arctg(2(H - T) / B)$	16,1	16,3
Кут крену від постійного вітру, °	θ_0	1,1	1,1
Кут крену при хитамиці назустріч вітру, °	$\theta_1 = \theta_r - \theta_0$	12,5	12,5
Границя площ. “b” діаграми праворуч, °	θ_b	40,7	41,1
Площа “a” діаграми, м-рад	a	0,024	0,025
Площа “b” діаграми, м-рад	b	0,221	0,230
Критерій погоди	$K = b / a$	9,14	9,25

Таблиця 4.13 – Визначення площ “a” і “b” на відхід за правилом Сімпсона

$\Delta\theta_1 = (\theta_1 + 1,5\theta_0)/4 = (12,5+1,5\cdot 1,1)/4 = 3,53^\circ$			$\Delta\theta_1^{pad} = 4,94^\circ/57,3 = 0,0617$ рад		
$\Delta\theta_2 = (\theta_b - 1,5\theta_0)/4 = (40,7-1,5\cdot 1,1)/4 = 9,77^\circ$			$\Delta\theta_2^{pad} = 7,91^\circ/57,3 = 0,1705$ рад		
a_i	k_i	$a_i \cdot k_i$	b_i	k_i	$b_i \cdot k_i$
$a_1 = 0,210$	1	0,210	$b_1 = 0$	1	0
$a_2 = 0,145$	4	0,579	$b_2 = 0,144$	4	0,578
$a_3 = 0,096$	2	0,193	$b_3 = 0,313$	2	0,627
$a_4 = 0,048$	4	0,193	$b_4 = 0,500$	4	2,001
$a_5 = 0$	1	0,000	$b_5 = 0,677$	1	0,677
		$\Sigma_a = 1,174$			$\Sigma_b = 3,883$
$a = 1/3 \cdot \Sigma_a \cdot \Delta\theta_1^{pad} = 1/3 \cdot 1,174 \cdot 0,0617 = 0,024$			$b = 1/3 \cdot \Sigma_b \cdot \Delta\theta_2^{pad} = 1/3 \cdot 3,883 \cdot 0,1705 = 0,221$		

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

$\Delta\theta_1 = (\theta_1 + 1,5\theta_0)/4 = (12,5+1,5\cdot 1,1)/4 = 3,52^\circ$			$\Delta\theta_1^{pad} = 4,94^\circ/57,3 = 0,0614$ рад		
$\Delta\theta_2 = (\theta_b - 1,5\theta_0)/4 = (41,1-1,5\cdot 1,1)/4 = 9,88^\circ$			$\Delta\theta_2^{pad} = 7,91^\circ/57,3 = 0,1724$ рад		
a_i	k_i	$a_i \cdot k_i$	b_i	k_i	$b_i \cdot k_i$
$a_1 = 0,216$	1	0,216	$b_1 = 0$	1	0
$a_2 = 0,150$	4	1,600	$b_2 = 0,152$	4	0,606
$a_3 = 0,100$	2	0,200	$b_3 = 0,324$	2	0,648
$a_4 = 0,050$	4	0,200	$b_4 = 0,514$	4	2,058
$a_5 = 0$	1	0,000	$b_5 = 0,696$	1	0,696
		$\Sigma_a = 1,216$			$\Sigma_b = 4,008$
$a = 1/3 \cdot \Sigma_a \cdot \Delta\theta_1^{pad} = 1/3 \cdot 1,216 \cdot 0,0617 = 0,026$			$b = 1/3 \cdot \Sigma_b \cdot \Delta\theta_2^{pad} = 1/3 \cdot 4,008 \cdot 0,1724 = 0,230$		

4.6 Перевірка виконання рекомендованих ІМО критеріїв остійності

Перевірка виконання рекомендацій ІМО з остійності морських транспортних суден [31] виконана у табл.4.15.

Таблиця 4.15 – Перевірка виконання рекомендацій ІМО

Найменування величин	Позна-чення	Значення величин			Викон. (ТАК/НІ)
		норма-тивні	відхід	прихід	
Загальні критерії					
Площа під ДСО до кута крену 30 ⁰ , м·рад	<i>A</i> ₃₀	≥ 0,055	0,122	0,126	<i>ТАК</i>
Площа під ДСО до кута крену 40 ⁰ , м·рад	<i>A</i> ₄₀	≥ 0,09	0,227	0,231	<i>ТАК</i>
Площа під ДСО між 30 ° і 40 °, м рад	<i>A</i> ₃₀₋₄₀	≥ 0,03	0,105	0,105	<i>ТАК</i>
Плече ДСО при куті крену 30° або більше, м	<i>l</i> ₃₀	≥ 0,20	0,503	0,511	<i>ТАК</i>
Кут крену, що відповідає максимуму ДСО, °	<i>θ</i> _м	≥ 25	45	45	<i>ТАК</i>
Виправлена метацентрична висота, м	<i>h</i>	> 0,15	0,78	0,81	<i>ТАК</i>
Критерій погоди	<i>K</i>	≥ 1	9,14	9,25	<i>ТАК</i>
Кут крену від постійного вітру, °	<i>θ</i> ₀	≤ 12,9	1,1	1,1	<i>ТАК</i>

З результатів розрахунку видно, що остійність судна в обох випадках повністю задовольняє рекомендаціям ІМО з остійності.

4.7 Контроль загальної поздовжньої міцності судна

Для перевірки повздовжньої міцності достатньо виконання розрахунків на відхід судна.

Перевірка повздовжньої міцності корпусу судна виконана за допомогою вантажної програми ANKO – Marine Load Planner.

Результати розрахунку й перевірки загальної поздовжньої міцності на відхід наведено в табл. 4.16. Епюри перерізуючих сил та згинальних моментів наведено на рис. 4.4.

Таблиця 4.16 – Перевірка поздовжньої міцності судна

№ перерізу	Перерізуюча сила $N_{пер}$, т			Згинальний момент $M_{зг}$, т·м		
	розра- хунок	допуст.в рейсі	%	розра- хунок	допуст.в рейсі	%
12	231	2200	11	7235	16500	44
26	1357	3500	39	62457	82400	76
37	2415	4300	56	97261	136700	71
52	2945	4800	61	128246	157200	82
65	3180	5600	57	146267	185600	79
81	2652	6300	42	169531	234800	72
95	1837	6700	27	192460	285000	68
112	970	6900	14	217015	285000	76
126	236	7000	3	236920	285000	83
141	118	6900	2	226802	285000	80
154	-791	-6600	12	207149	285000	73
170	-1482	-6400	23	172915	285000	61
184	-2746	-6100	45	137248	225600	61
194	-3455	-5900	59	110789	176100	63
201	-2827	-5200	54	88460	151000	59
215	-1525	-4100	37	62579	132400	47
233	-800	-2000	40	40751	83400	49
250	-300	-1000	30	2510	25500	10

За результатами перевірки можна зробити висновок, що поздовжня міцність корпусу судна є задовільною, оскільки значення перерізуючих сил та згинальних моментів не перевищують допустимих.

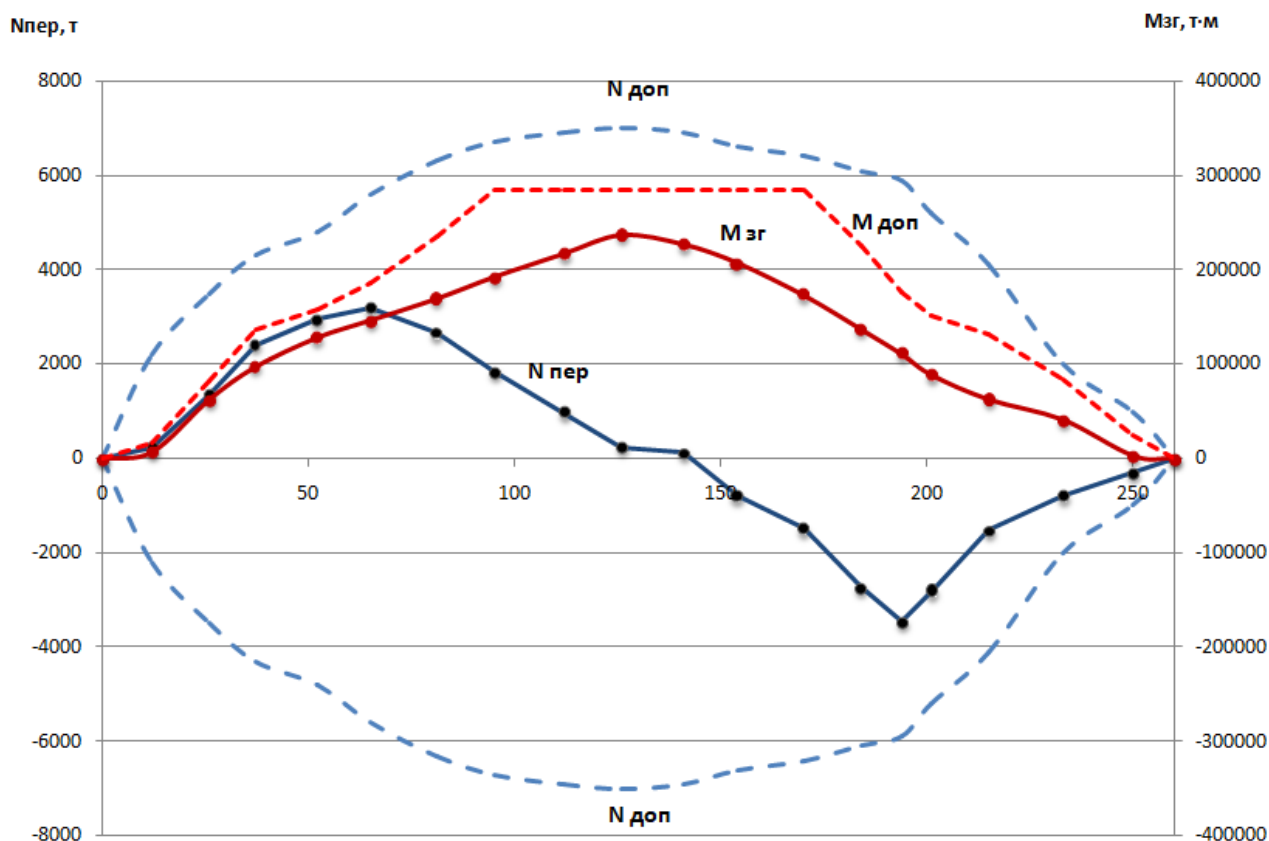


Рисунок 4.4 – Перевірка загальної міцності корпусу судна на відхід

4.8 Висновки

За результатом перевірки встановлено, що усі вимоги ІМО до остійності для даного судна у цьому рейсі виконані, поздовжня міцність судна забезпечена, а розрахований диферент є оптимальним для безпечної навігації та швидкого виконання рейсу.

У ході розрахунку отримано наступні результати:

- диферент (d): -0,35 м на відхід / 0,05 м на прихід;
- виправлена МЦВ (h): 0,78 м на відхід / 0,81 м на прихід;
- вимоги до площ ДСО виконані;
- критерій погоди (K): 9,14 на відхід / 9,25 на прихід;
- максимальна перерізуюча сила ($N_{пер}$) становить 61% від допустимої;
- максимальний згинальний момент ($M_{зг}$) становить 83% від допустимого.

РОЗДІЛ 5

ДОСЛІДНИЦЬКА ЧАСТИНА РОБОТИ

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ МЕТОДИ АВТОМАТИЧНОГО ВИЯВЛЕННЯ

МОРСЬКИХ НАВІГАЦІЙНИХ НЕБЕЗПЕК

5.1 Теоретичні основи інтелектуальних систем виявлення морських навігаційних небезпек

5.1.1 Історичні передумови та розвиток засобів виявлення навігаційних небезпек

Розвиток засобів спостереження став одним із ключових чинників підвищення безпеки мореплавства. Тривалий час основним способом оцінювання навігаційної обстановки залишалося візуальне спостереження, ефективність якого суттєво залежала від видимості, освітлення та людського фактора. Зі збільшенням швидкостей і розмірів суден, а також із зростанням інтенсивності руху, цього методу стало недостатньо, що спричинило пошук технічних засобів, здатних підтримувати судноводія в складних умовах.

Поява судових радіолокаційних станцій у першій половині ХХ століття стала переломним моментом. РЛС забезпечили можливість бачити обстановку незалежно від туману чи темряви, що різко зменшило кількість зіткнень, особливо в прибережних районах. Перші судові радари вимагали значного досвіду для інтерпретації зображення та мали обмежену роздільну здатність, але саме вони сформували базу для подальшого розвитку автоматизованих систем.

У наступні десятиліття радіолокаційна техніка вдосконалювалась: покращилася фільтрація морських перешкод, знизився рівень шумів, зросла точність визначення параметрів цілей. Важливою віхою стало впровадження цифрової обробки сигналів, що дозволило стабілізувати радіолокаційну картину при хвилюванні та інтегрувати РЛС із навігаційними системами.

У 1970-х роках з'явилися системи ARPA (Automatic Radar Plotting Aid), які вперше надали можливість автоматично супроводжувати цілі, визначати їхні курси й швидкості та розраховувати CPA/ТСПА (рис. 5.1). Це позбавило судноводія необхідності виконувати ручні побудови та значно зменшило ризик помилок через людський фактор. Однак якість роботи ARPA залишалася залежною від первинного радіолокаційного зображення, стабілізації судна та коректних налаштувань РЛС [32].



Рисунок 5.1 – Екран ARPA

Початок 2000-х років ознаменувався впровадженням AIS (Automatic Identification System) – системи, що забезпечила автоматичний обмін навігаційними й ідентифікаційними даними між судами. AIS підвищила прозорість руху й дозволила швидко оцінювати наміри інших суден, однак має низку обмежень: не відображає дрейфуючі об'єкти, не працює для цілей без

передавача, а якість інформації залежить від правильності введення даних екіпажем. Дисплей приймача системи зображено на рис. 5.2.

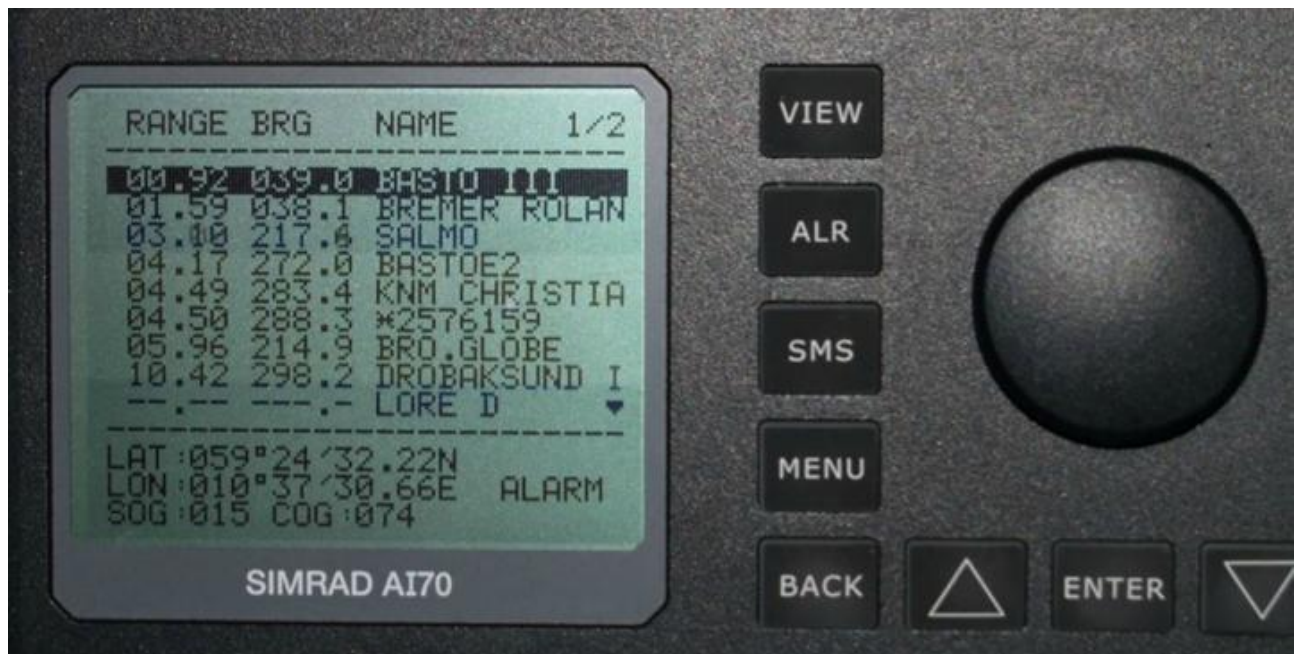


Рисунок 5.2 – Дисплей суднової AIS

Інтеграція радіолокації, ARPA, AIS та картографічних систем у складі ECDIS створила єдину інформаційну модель навігаційної обстановки. Проте зростання обсягів доступних даних підвищило інформаційне навантаження на судноводія, що зумовило потребу в інструментах, здатних автоматично аналізувати ситуацію.

У XXI столітті розвиток концепції автономного судноводіння сформував нові вимоги до систем спостереження. Від них очікують здатності самостійно розпізнавати об'єкти, оцінювати ризики та прогнозувати розвиток ситуації без постійної участі людини. Методи комп'ютерного зору, моделювання та штучного інтелекту стали логічним продовженням еволюції традиційних засобів, усуваючи їхні основні обмеження: залежність від видимості, недостатню ефективність на малих цілях та вразливість до людських помилок.

Сучасні системи автоматичного виявлення небезпек не замінюють, а доповнюють класичні засоби навігації. Вони інтегрують інформацію з різних

джерел, мінімізують вплив людського фактора й формують основу для подальшого розвитку автономних суден [32].

5.1.2 Етапи становлення автономного судноводіння

Сучасний розвиток морського транспорту характеризується активним упровадженням автономних та напіваавтономних технологій, спрямованих на підвищення безпеки, зниження експлуатаційних витрат та мінімізацію впливу людського фактора. Хоча сама ідея автономного судноводіння не нова, саме останні два десятиліття перетворили її на практичний напрям завдяки прогресу сенсорних систем, навігаційної електроніки, супутникових технологій та штучного інтелекту. У цих умовах засоби виявлення небезпек набули нової ролі – вони стали основним джерелом інформації для ухвалення рішень, яке раніше забезпечував судноводій.

Перший етап становлення автономних надводних платформ пов'язаний з дистанційно керованими суднами, що застосовувалися у наукових, гідрографічних та військових цілях. З розвитком обчислювальних можливостей акцент змістився від дистанційного керування до автономних режимів, у яких судно здатне самостійно оцінювати обстановку, виявляти ризики та визначати оптимальні маневри. Важливим кроком став європейський проєкт MUNIN, який продемонстрував можливість комплексного моделювання автономного океанського переходу з використанням багаторівневої системи спостереження та прогнозування [33].

Зразок автономного судна приведено на рис. 5.3.

Наступний етап розвитку пов'язаний із формуванням міжнародної нормативної бази. Міжнародна асоціація навігаційних адміністрацій (IALA) та Міжнародна морська організація (IMO) розробили класифікацію рівнів автономності суден (MASS) [34], що охоплює варіанти від традиційного судна з автоматизованими функціями до повністю автономної платформи без екіпажу.

Кожен рівень передбачає різний ступінь участі людини у спостереженні та прийнятті рішень, а отже – різні вимоги до системи виявлення небезпек.



Рисунок 5.3 – Зразок автономного судна

Основний принцип MASS полягає в тому, що автономна система має виконувати ті самі функції, які у традиційному режимі забезпечує судноводій. Це включає розпізнавання об'єктів, оцінювання їх руху, прогнозування потенційно небезпечних зближень і дотримання вимог COLREGs. Однак традиційні засоби спостереження – РЛС, ARPA, AIS – хоч і залишаються важливими, не забезпечують повної картини середовища: вони не бачать малих або слабоконтрастних цілей, не завжди коректно сприймають берегові об'єкти і можуть давати спотворення в складних умовах.

Тому становлення автономного судноводіння нерозривно пов'язане зі застосуванням інтелектуальних методів аналізу даних. Комп'ютерний зір, машинне навчання та імітаційні моделі прогнозування дозволяють автоматично

обробляти великі масиви сенсорної інформації й перетворювати їх на структуровану оцінку ризику. Сукупність цих технологій формує ситуаційну обізнаність автономного судна, яку в нормативних документах визначають як здатність системи правильно сприймати обстановку та інтерпретувати її з урахуванням навігаційних правил [34].

Ключовою відмінністю автономного судноводіння є зміщення центру прийняття рішень. На традиційному судні саме судноводій синтезує інформацію з різних джерел і формує оцінку ризику, тоді як автономна платформа повинна виконувати ці функції самостійно. Вона має виявляти невідповідності між каналами даних, коректно реагувати на нестабільні сигнали та узгоджувати свої дії з COLREGs. Це створює нові вимоги до точності, стійкості та інтерпретаційних можливостей системи сприйняття.

Таким чином, розвиток автономного судноводіння визначив потребу в інтелектуальних системах виявлення небезпек, здатних забезпечити рівень ситуаційної обізнаності, порівняний із роботою досвідченого вахтового офіцера. Подальші підрозділи розглядають конкретні моделі та алгоритми, які формують основу таких систем.

5.1.3 Моделі та підходи до опису навігаційної обстановки у системах виявлення небезпек

Оцінювання навігаційної обстановки є основою безпечного керування судном. У традиційному судноводінні воно формувалося шляхом поєднання візуального спостереження, даних радара, глибинних вимірів та картографічної інформації. Однак зі зростанням інтенсивності морського руху та появою автономних суден виникла потреба у формалізованих моделях, здатних точно описувати середовище й прогнозувати його зміну.

У сучасних системах виявлення небезпек використовують кілька типів моделей, кожен з яких виконує власну роль у формуванні ситуаційної обізнаності.

Першу групу складають математичні моделі руху, які описують взаємне положення та кінематику суден. Вони лежать в основі алгоритмів ARPA та розрахунків CPA/TCPA, забезпечуючи зрозумілу та передбачувану інтерпретацію навігаційних параметрів. Перевагою таких моделей є їхня прозорість, а обмеженням – недостатня гнучкість у складних сценаріях, де поведінка об'єктів визначається не лише курсом і швидкістю, а й дією зовнішніх факторів або тактичними маневрами.

Другу групу становлять інформаційні моделі, що інтегрують дані з різних сенсорів – РЛС, AIS, GNSS, ехолота, оптичних і інфрачервоних камер, LiDAR. Їхнє завдання полягає у фільтрації, синхронізації та об'єднанні інформації в єдине представлення. Завдяки такій інтеграції система може виявляти невідповідності, наприклад, коли дані AIS не збігаються з фактичною траєкторією на радарі. Інформаційні моделі забезпечують узгодженість даних та підвищують достовірність оцінки обстановки [35, 36].

Важливе місце займають імітаційні моделі, які відтворюють розвиток навігаційних ситуацій у часі. Їх застосовують як у тренажерній підготовці, так і в автономних системах для оцінювання можливих траєкторій руху, прогнозування зіткнень та вибору оптимального маневру. Перевага цього підходу полягає у можливості передбачити небезпечну тенденцію до того, як вона стане очевидною за фактичними даними.

Зі зростанням інтелектуальних вимог до автономного судноводіння сформувався напрям когнітивного моделювання, який намагається відтворити логіку оцінювання ситуації, властиву людині. Такі моделі враховують нечіткі та ймовірнісні фактори, особливості поведінки інших суден і вимоги COLREGs. На їх основі створюють алгоритми, що здатні не лише розраховувати параметри зближення, а й визначати, хто має перевагу в конкретній навігаційній ситуації та як слід виконувати маневр.

Усі перелічені підходи – математичні, інформаційні, імітаційні та когнітивні – лише у поєднанні забезпечують повноцінне формування навігаційної обстановки. Математичні моделі відповідають за точність,

інформаційні – за достовірність даних, імітаційні – за прогнозування, когнітивні – за логіку ухвалення рішень. Саме їхня взаємодія створила фундамент для переходу до інтелектуальних систем, які поєднують структуровані методи класичного судноводіння із новітніми алгоритмами аналізу даних [37].

5.1.4 Інтелектуальні методи розпізнавання морських об'єктів та їхній розвиток у контексті навігаційної безпеки

Застосування інтелектуальних методів аналізу зображень стало одним із найважливіших технологічних проривів у судноводінні. На відміну від традиційних засобів спостереження, які лише передають сигнал або зображення, інтелектуальні алгоритми здатні автоматично інтерпретувати інформацію та виділяти об'єкти, що становлять потенційну небезпеку. З ростом інтенсивності руху та появою автономних платформ така можливість набуває вирішального значення для забезпечення безпеки.

Перші підходи до автоматичного виявлення об'єктів ґрунтувалися на класичних методах машинного навчання, де характеристики об'єкта визначалися вручну. Ефективність таких систем залежала від якості заздалегідь обраних ознак, що робило їх чутливими до змін освітлення, туману, хвилювання та інших типових умов морського середовища. Особливо помітним недоліком була низька здатність виявляти дрібні або слабоконтрастні цілі.

Суттєвим зрушенням стало впровадження згорткових нейронних мереж. CNN здатні самостійно виділяти інформативні ознаки, адаптуючись до фактури хвиль, відблисків або нестабільного освітлення. Це дозволило значно підвищити точність визначення об'єктів у складних умовах, де класичні методи втрачали надійність [38].

Подальший прорив був пов'язаний з появою архітектур реального часу, насамперед підходів сімейства YOLO. Ці моделі забезпечують швидке виявлення об'єктів на відеопотоці, що особливо важливо для навігації.

Модифікації, орієнтовані на морські умови, здатні виявляти судна, буї, уламки та інші небезпечні цілі навіть за низького контрасту чи хвилювання, коли об'єкти частково перекриваються хвилями або мають мінімальну видиму площу [37].

Окрему роль відіграють алгоритми, спеціально адаптовані для виявлення малих об'єктів. Саме така категорія цілей – надувні човни, рибальські снасті, частини плавзасобів, деревина – становить найбільшу практичну небезпеку в морі. Сучасні інтелектуальні моделі здатні розпізнавати їх значно раніше, ніж судноводій або традиційні засоби спостереження, що безпосередньо збільшує запас дистанції та часу для ухвалення маневру.

Паралельно з розвитком CNN у морську сферу увійшли моделі, засновані на механізмі уваги. Вони аналізують не лише локальні ділянки зображення, а й взаємозв'язки між ними, що підвищує стійкість до шумів, відблисків та часткового перекриття цілі. Такі алгоритми показують кращі результати у нічних умовах, при сильній мінливості фону або на ділянках з великою кількістю дрібних деталей.

Ще один напрям – методи сегментації, які, окрім визначення факту наявності об'єкта, дають змогу встановити його форму та контури. Це особливо корисно під час маневрування в портах, у вузькостях або при швартових операціях, коли важлива не лише наявність перешкоди, а й її точні межі відносно траєкторії судна [39].

Таким чином, інтелектуальні методи розпізнавання морських об'єктів стали логічним продовженням еволюції навігаційних технологій. Вони не замінюють радар або AIS, але суттєво підсилюють їх, компенсуючи обмеження традиційних засобів та мінімізуючи ризики, пов'язані з людським фактором. Завдяки можливості працювати у складних умовах та виявляти загрози на ранньому етапі такі системи формують нові стандарти ситуаційної обізнаності й підтримують розвиток автономного судноплавства.

5.1.5 Багатосенсорні системи та інтеграція навігаційних даних у сучасній практиці судноводіння

У морському середовищі жоден окремих сенсор не може забезпечити повне та достовірне уявлення про навігаційну обстановку. Оптичні камери залежать від освітлення, радар – від характеристик поверхні моря та форми цілі, AIS – від коректності переданих даних. Тому сучасні підходи до ситуаційної обізнаності базуються на багатосенсорності, тобто поєднанні інформації різної природи у єдиній інтегрованій системі. Такий підхід дозволяє компенсувати слабкі сторони окремих каналів та отримувати більш стійку картину обстановки [35].

Інтеграція сенсорів не зводиться до простого накладання відомостей. Вона передбачає глибоку обробку даних – фільтрацію, синхронізацію, визначення достовірності та узгодження між собою. Радар забезпечує надійне визначення дистанцій і напрямків, але не завжди дозволяє ідентифікувати об'єкт. AIS надає інформацію про курс, швидкість і тип судна, однак не бачить малих цілей та об'єктів без передавача. Оптичні та інфрачервоні камери добре працюють з деталями та малими перешкодами, але чутливі до погодних умов. LiDAR формує тривимірну модель середовища, проте має обмежену дальність і вразливість до опадів [36].

У правильно побудованій багатосенсорній системі дані різних каналів доповнюють одне одного. Якщо радар відображає ціль, а AIS підтверджує її траєкторію, імовірність правильної оцінки ситуації суттєво зростає. Якщо радар фіксує об'єкт, якого немає в AIS, система може класифікувати його як малу ціль або дрейфуючу перешкоду й відповідно попередити судноводія. Камери дозволяють уточнити вигляд і характер об'єкта, особливо у прибережних районах, де радіолокаційна картина ускладнюється відбиттями від берегових споруд чи хвиль.

Багатосенсорний підхід підвищує не лише повноту інформації, а й її якість. Виявлення невідповідностей між каналами – важлива складова

навігаційної безпеки. Наприклад, якщо курс судна за AIS не відповідає вектору руху, визначеному за радіолокаційними даними, це може свідчити про помилку у введенні інформації або технічний збій. Коректне розпізнання таких ситуацій дозволяє уникати хибних рішень при маневруванні. Також багатосенсорність підвищує стійкість системи до тимчасових збоїв: якщо камера засліплена відблиском, РЛС продовжує стабільно працювати; якщо радар створює перешкоди через хвилювання, оптичні системи забезпечують уточнення.

Для судноводія інтеграція сенсорів означає доступ до більш точного й збалансованого зображення обстановки на електронній карті. У традиційному режимі офіцер самостійно порівнює дані РЛС, AIS та візуальні спостереження; багатосенсорна система бере на себе рутинні обчислення, дозволяючи зосередитися на оцінці ризику та виборі маневру [35, 36].

У контексті автономного судноводіння багатосенсорність є критичною. Автономне судно не може покладатися на один вид інформації, оскільки немає судноводія, який компенсував би недоліки системи власними спостереженнями. Тому інтелектуальні алгоритми мають не лише поєднувати сенсорні дані, а й оцінювати їхню достовірність, визначати пріоритетність джерел у різних умовах та адаптувати поведінку системи до змін навколишнього середовища.

Таким чином, багатосенсорні системи формують сучасний стандарт ситуаційної обізнаності у судноводінні. Вони створюють основу для точного виявлення небезпек, підвищують стійкість систем до складних умов та забезпечують платформу для роботи інтелектуальних алгоритмів, що розширюють можливості традиційних навігаційних засобів.

5.1.6 Узагальнення тенденцій розвитку

Аналіз розвитку навігаційних засобів показує, що еволюція систем виявлення морських небезпек проходила поступово, але нерівномірно. Кожен технологічний етап вирішував окрему проблему, але водночас відкривав нові виклики. Радіолокація забезпечила спостереження за межами видимості; ARPA

– автоматизовану оцінку параметрів зближення; AIS – цифровий обмін даними. Інтеграція цих систем в єдину платформу (ECDIS) сформувала основу сучасної ситуаційної обізнаності, проте збільшення обсягу інформації зумовило потребу в автоматичних методах її інтерпретації.

Головною тенденцією останніх десятиліть є перехід від простого збирання даних до їх інтелектуальної обробки. Традиційні засоби спостереження надають велику кількість інформації, але не здатні самостійно оцінювати складні навігаційні сцени. Багато аварій, що сталися за наявності сучасних приладів, пов'язані не з відсутністю даних, а з їх неправильною інтерпретацією, запізнілою реакцією або надмірним покладанням на автоматизацію.

Паралельно із цим у світовій галузі активно розвивається автономне судноводіння. Його концепція потребує систем, здатних не лише фіксувати об'єкти, а й аналізувати їх поведінку, прогнозувати розвиток ситуації та узгоджувати рішення з правилами COLREGs. Фактично автономна платформа має створювати на борту інтелектуальну модель обстановки, яка виконує функції, традиційно притаманні судноводію.

У цьому контексті особливого значення набули методи машинного навчання та комп'ютерного зору. Вони розширили можливості розпізнавання об'єктів, особливо малих або слабоконтрастних, покращили якість аналізу відеопотоків у складних умовах та дали змогу точніше оцінювати структуру навігаційної сцени. Проте ефективність таких систем безпосередньо залежить від достовірності первинних даних, що підкреслює важливість багатосенсорних та інформаційних моделей.

Попри значний прогрес, інтелектуальні системи мають низку обмежень. Вони можуть втрачати точність у тумані чи при різкій зміні освітлення, неправильно інтерпретувати складні сценарії руху або не розпізнати нетипові ситуації, не представлені у навчальних даних. Крім того, автоматичне оцінювання небезпеки повинно відповідати вимогам COLREGs, що потребує не лише технічної точності, а й коректної правової та тактичної інтерпретації.

Узагальнюючи, можна зазначити, що ключовою науковою проблемою сучасного етапу є поєднання різних типів моделей та сенсорів у єдину систему виявлення навігаційних небезпек. Така система повинна забезпечувати точне сприйняття обстановки, інтерпретацію даних у динамічному середовищі, адаптивність до зміни умов і здатність своєчасно формувати попередження. Особливо актуальною залишається проблема виявлення малих і слабконтрастних об'єктів, які часто не помічаються ні традиційними засобами, ні екіпажем.

Таким чином, розглянуті тенденції визначають наукову основу для подальшого аналізу у розділі 5.2, де будуть досліджені методи та підходи, що формують інтелектуальні системи автоматичного виявлення морських навігаційних небезпек.

5.2 Аналіз сучасних методів виявлення навігаційних небезпек у системах автономного судноводіння

5.2.1 Сучасні архітектури машинного навчання у задачах виявлення морських навігаційних небезпек

Розвиток систем автоматичного сприйняття навігаційної обстановки нерозривно пов'язаний із прогресом у сфері комп'ютерного зору. Протягом останнього десятиліття морська галузь активно адаптує до власних потреб архітектури, створені для автономних автомобілів, охоронних систем і робототехніки. Нижче наведено короткий огляд найбільш актуальних архітектур машинного навчання, придатних для задач виявлення небезпек у морському середовищі.

1) CNN (Convolutional Neural Networks)

Згорткові нейронні мережі стали основою сучасного комп'ютерного зору.

Їхня ефективність полягає у здатності автоматично виділяти просторові ознаки зображення – краї, текстури, форми.

Переваги:

- висока точність для статичних зображень;
- відносна простота моделі;
- стійкість до шумів та варіацій освітлення.

Недоліки:

- обмежена здатність виявляти дуже малі об'єкти;
- зниження точності у випадку слабого контрасту або хвилювання моря;
- складність врахування глобального контексту сцени.

CNN залишаються фундаментом для подальших архітектур, але у морських задачах використовуються здебільшого як перший або допоміжний модуль.

2) Архітектури сімейства YOLO (You Only Look Once)

Сімейство YOLO стало стандартом у задачах реального часу, зокрема на транспорті.

Основна перевага – висока швидкодія та здатність обробляти відео без затримок.

Поширені версії:

- YOLOv5, YOLOv7, YOLOv8 – загального призначення;
- YOLO-MRS – оптимізована для малих морських цілей;
- LUD-YOLO – поліпшене виявлення слабкоконтрастних об'єктів.

Переваги:

- чудово підходять для автономного судноводіння та систем підтримки рішень;
- здатні виявляти малі об'єкти, якщо модель спеціально адаптована;
- працюють стабільно на борту судна з обмеженими обчислювальними ресурсами.

Недоліки:

- чутливість до туману та поганих умов освітлення;
- зниження точності при сильній засвітці та відблисках.

Для задач виявлення дрейфуючих об'єктів сьогодні саме YOLO-модифікації є найбільш практичними.

3) Transformer-архітектури (Vision Transformers, Swin-Transformer)

Поява трансформерів стала поворотним моментом у комп'ютерному зорі.

Вони аналізують зображення не локально, як CNN, а в контексті всієї сцени, що особливо корисно в умовах складного фону та змінного освітлення.

Переваги:

- висока стійкість у нічних умовах;
- рідше зберігають стабільність роботи у тумані та серпанку завдяки контекстному аналізу;
- краща здатність до узагальнення складних сценаріїв.

Недоліки:

- високі вимоги до обчислювальних ресурсів;
- нижча швидкодія у порівнянні з YOLO;
- необхідність великих масивів даних для навчання.

У морських умовах трансформери використовують переважно у берегових системах, MASS високої автономності або під час офлайн-аналізу.

4) Гібридні моделі CNN + Transformer

Гібридні архітектури стали популярними завдяки можливості поєднувати переваги обох підходів:

- CNN – точні локальні ознаки;
- Transformer – глобальні зв'язки та контекст.

Такі моделі демонструють високу точність у складних гідрометеорологічних умовах та значно краще розпізнають малі контури об'єктів на хвилюванні.

Практична перевага для судноводіння:

краща робота у «проблемних» сценаріях: хвилювання, темний фон, сильні відблиски.

5) Multimodal Fusion Networks (Radar + EO + IR + AIS)

Мультимодальні мережі поєднують кілька джерел інформації в одну систему.

Це – найперспективніший напрям для автономних суден (MASS).

Типові комбінації:

- Radar + EO (оптична камера) → найкраще для виявлення дрейфуючих об'єктів;
- EO + IR (інфрачервона камера) → для нічних умов та слабкого туману;
- EO + AIS → для підвищення достовірності класифікації;
- Radar + IR + EO → багат шарове сприйняття для високої автономності.

Переваги:

- значно вища надійність у поганих умовах;
- компенсація слабких місць окремих сенсорів;
- можливість створення повноцінної «ситуаційної карти» для автопілоту.

Недоліки:

- складність реалізації;
- потреба в синхронізації різних сенсорів;
- висока вартість [37, 38, 40].

5.2.2 Порівняльний аналіз методів комп'ютерного зору та машинного навчання у виявленні морських навігаційних небезпек

У сучасному мореплавстві системи автоматичного виявлення небезпек працюють із великими потоками даних, які надходять від оптичних камер, навігаційної електроніки та допоміжних сенсорів. Це підвищує вимоги до алгоритмів, здатних інтерпретувати складні навігаційні сцени та вчасно виділяти об'єкти, що становлять потенційну загрозу. Вибір методів комп'ютерного зору й машинного навчання безпосередньо впливає на точність і стабільність роботи таких систем, тому порівняльний аналіз цих підходів є необхідною складовою дослідження.

Перший етап розвитку автоматичного розпізнавання морських об'єктів був пов'язаний із класичними методами машинного навчання. Вони працювали за принципом виокремлення ознак вручну, після чого виконувалася класифікація або детекція об'єкта. Застосовувалися алгоритми, такі як метод опорних векторів, дерева рішень та k-найближчих сусідів. У контрольованих умовах ці підходи демонстрували прийнятну точність, проте в реальному морському середовищі їх ефективність різко зменшувалася. Змінність фону, хвилювання, туман, відблиски та часткове перекриття об'єктів призводили до значних похибок, адже моделі залежали від фіксованого набору ознак і погано адаптувалися до нових умов.

Основні недоліки класичних методів можна узагальнити так:

- висока залежність від якості та правильності вибору ознак;
- низька стійкість до шумів і зміни освітлення;
- складність виявлення малих або слабкоконтрастних об'єктів;
- істотне зниження точності у змінних або нетипових умовах.

Поява згорткових нейронних мереж стала переломним моментом. CNN автоматично виділяють інформативні ознаки, що робить їх ефективними навіть за умов змінного освітлення, хвильового блиску або дощу. Завдяки цьому такі моделі стали основою більшості сучасних систем детекції. Для судноводіння особливо важливо, що CNN здатні обробляти відеопотоки в реальному часі й працювати зі сценами, де об'єкти частково перекриваються або займають мінімальну площу кадру [38].

Подальший розвиток привів до появи моделей типу «єдиного проходу» (one-stage detectors), зокрема сімейства YOLO. Вони виконують виявлення об'єкта без розділення процесу на етапи виділення ознак і класифікації, що забезпечує високу швидкодію. Модифікації YOLO, адаптовані до морського середовища, забезпечують стабільне розпізнавання суден, буїв та плаваючих перешкод навіть за низького контрасту або помітних хвильових завад [37]. Приклад роботи такої системи розпізнавання об'єктів на воді приведено на рис. 5.4.

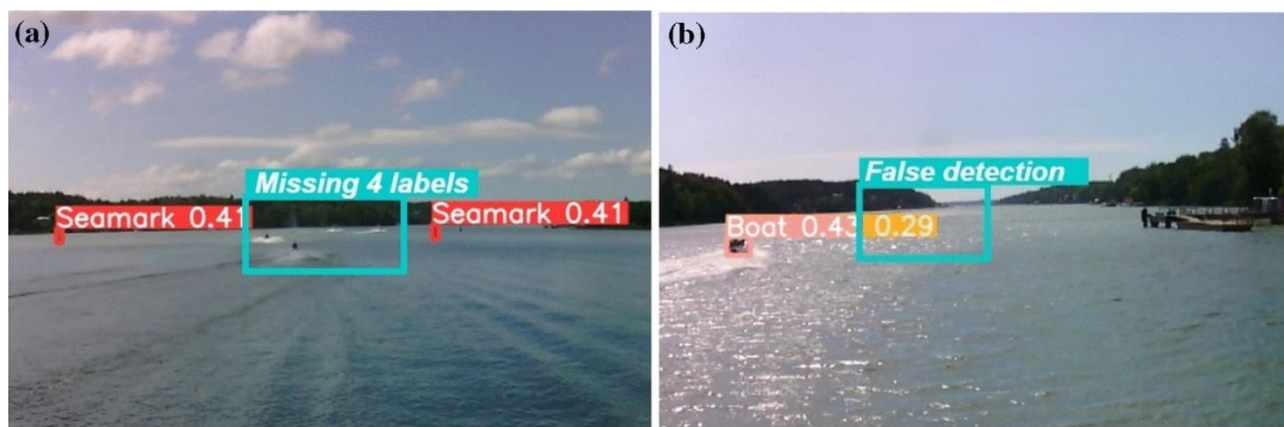


Рисунок 5.4 – Приклад роботи системи розпізнавання об’єктів на воді

Окремим напрямом стали моделі, орієнтовані на виявлення малих об’єктів. Плавучі фрагменти, рибальські снасті, невеликі човни або уламки часто становлять найбільшу небезпеку, і саме такі цілі традиційні методи розпізнають найгірше. Сучасні алгоритми використовують більш щільні структури ознак та покращені механізми аналізу текстур, що підвищує ймовірність раннього виявлення.

Паралельно відбувається розвиток моделей на основі механізму уваги. На відміну від CNN, які аналізують головним чином локальні фрагменти зображення, алгоритми типу Vision Transformer розглядають сцену як сукупність взаємопов’язаних елементів. Це робить їх особливо ефективними у нічних умовах, при складному фоні або на зображеннях з великою кількістю відблисків [41].

Окрему групу становлять сегментаційні моделі, що дозволяють визначати точні контури об’єкта та його форму. Вони корисні при швартових операціях, у вузькостях або в портових умовах, де важливим є не лише факт наявності перешкоди, а й її реальні габарити [39].

Переваги та недоліки різних підходів подано у табл. 5.1.

Таблиця 5.1 – Порівняльна характеристика методів комп’ютерного зору у виявленні морських навігаційних небезпек

Група методів	Принцип роботи	Переваги у морському середовищі	Обмеження / недоліки	Типові застосування
Класичні методи машинного навчання (SVM, k-NN, дерева рішень)	Виокремлення ознак вручну, подальша класифікація	Простота реалізації; невеликі обчислювальні вимоги	Нестабільність при зміні освітлення, хвилювання та туману; слабкі на дрібних об’єктах	Базові системи виявлення, попередні етапи досліджень
CNN (Convolutional Neural Networks)	Автоматичне виділення ознак зображення	Стійкість до шумів та відблисків; хороша точність у змінних умовах	Потребують значних даних для навчання; великий обсяг обчислень	Виявлення суден, буїв, перешкод на відкритій воді
YOLO-сімейство (YOLOv5/7/8)	Одноетапна детекція об’єктів у реальному часі	Висока швидкість; ефективність на відео; універсальність	Обмеження в дрібних цілях при хвилюванні; зниження точності вночі без адаптації	Навігація у прибережних районах, оперативний моніторинг
Моделі для малих цілей (YOLO-MRS, LUD-YOLO)	Покращені feature maps та модулі масштабування	Надійне виявлення малих і слабконтрастних об’єктів	Вища потреба у даних; складніша оптимізація	Рибальські райони, місця скупчення дрібних плавзасобів
Transformer-архітектури (ViT, Swin-Transformer)	Аналіз глобальних і локальних зв’язків у зображенні	Висока точність у складному фоні; ефективні вночі та при низькому контрасті	Високі обчислювальні вимоги; повільніші за YOLO	Аналіз портових сцен, густий рух, нічна навігація
Гібридні CNN + Transformer моделі	Поєднання локальних ознак CNN з глобальними залежностями Transformer	Баланс швидкість/точність; підвищена стійкість до шумів	Ускладнена архітектура; потреба в адаптоному навчанні	Системи розширеного автоматичного виявлення у MASS
Сегментаційні моделі (U-Net, Mask R-CNN)	Виділення контурів та меж об’єкта	Точне визначення форми та габаритів; корисно у вузькостях	Нижча швидкість; потребують якісних даних	Швартові операції, маневрування в портах, оцінка відстаней

Узагальнюючи, можна зазначити, що сучасні інтелектуальні методи суттєво перевершують класичні алгоритми за точністю, стійкістю до зовнішніх факторів та здатністю працювати у режимі реального часу. Разом із тим вони не замінюють традиційні навігаційні засоби, а формують із ними синергію, підвищуючи ситуаційну обізнаність та зменшуючи навантаження на судноводія. Саме поєднання класичних засобів спостереження з інтелектуальними алгоритмами створює основу для сучасних систем автоматичного виявлення навігаційних небезпек.

5.2.3 Аналіз ефективності та обмежень систем багатосенсорної інтеграції

Багатосенсорні системи стали ключовим елементом сучасного судноводіння, оскільки дають змогу поєднувати інформацію з різних джерел і формувати узгоджену картину навігаційної обстановки. Їх ефективність ґрунтується на здатності взаємно компенсувати недоліки окремих приладів та підвищувати достовірність даних. Водночас робота з інтегрованими потоками інформації має низку особливостей, що впливають на точність і надійність виявлення небезпек.

Однією з найважливіших переваг багатосенсорного підходу є підвищення стійкості системи до несприятливих умов. Камери втрачають ефективність у тумані або при сильних опадах, але радар продовжує стабільно виявляти об'єкти на поверхні моря. У свою чергу, радар може давати хибні позначки через хвилювання, тоді як оптичні та інфрачервоні системи здатні уточнювати форму і положення цілей. Навіть AIS, незважаючи на свою залежність від коректності введених даних, робить вагомий внесок у ситуаційну обізнаність завдяки передачі інформації про курс, швидкість і ідентифікацію суден.

Порівняння даних між різними сенсорами дозволяє виявляти помилки та невідповідності. Наприклад, різкий розбіг між курсом судна за AIS та його фактичним вектором руху на радарі може свідчити про технічний збій або

неправильне введення даних. Такі сигнали підвищують точність аналізу й знижують ризик хибних рішень при маневруванні. У цьому сенсі багатосенсорна система є не лише засобом виявлення небезпек, а й механізмом контролю якості інформації [32].

Водночас інтеграція даних створює і низку проблем. Одна з них – різна частота оновлення інформації. AIS надсилає дані із затримкою, радар працює з періодом обертання антени, а камери передають майже безперервний відеопотік. Якщо система не враховує ці відмінності, може виникнути ситуація, коли об'єкт у даних одного сенсора «знаходиться» в іншій точці, ніж у даних іншого. Це потребує коректної синхронізації та часової адаптації, інакше можливі неправильні оцінки відстані або швидкості цілі.

Другим обмеженням є різна чутливість сенсорів до типів об'єктів і умов довкілля. Радар надійно виявляє великі металеві об'єкти, але працює гірше з дрібними неметалевими цілями. Камери й LiDAR ефективні для малих об'єктів, однак їх точність різко падає при тумані або низькому освітленні. У районах інтенсивного рибальського промислу або серед плаваючих уламків одна система може фіксувати значно більше цілей, ніж інша, що створює ризик великої кількості хибних тривог. Це вимагає складних алгоритмів фільтрації та оцінки достовірності [36].

Ще один важливий аспект – визначення пріоритетності джерел інформації. Відкриті води часто передбачають більшу довіру до AIS; у прибережних районах або вузькостях пріоритет переходить до камер і LiDAR; за поганої видимості ключовим стає радар. Система повинна адаптивно змінювати ваги сенсорів залежно від ситуації. Нездатність правильно розставити пріоритети може призвести до запізнілих або помилкових рішень.

Особливо складним завданням є обробка суперечливих даних. Якщо різні сенсори «не згодні» щодо положення або типу об'єкта, система повинна визначити найімовірніший варіант і сформулювати єдине рішення. Це критично для автономного судноводіння, де неправильна інтерпретація може призвести до хибного маневру. Для судноводія в традиційних умовах важливо розуміти не

лише результат інтеграції, але й логіку, за якою система прийшла до цього результату.

Попри зазначені обмеження, багатосенсорні системи суттєво підвищують навігаційну безпеку. Вони забезпечують більш раннє виявлення дрібних об'єктів, точніше оцінювання руху інших суден та зменшення кількості хибних інтерпретацій. Їх значення зростає в умовах переходу до автономного судноплавства, де відсутня можливість компенсувати недоліки сенсорів за рахунок досвіду судноводія. У традиційному режимі інтеграція також полегшує роботу офіцера, дозволяючи зосередитися на прийнятті рішень, а не на ручній обробці даних [38].

Узагальнюючи, ефективність багатосенсорної інтеграції визначається не кількістю сенсорів, а якістю їх узгодження та здатністю системи інтерпретувати складні навігаційні сцени. Саме цей підхід стає фундаментом для подальшого розвитку інтелектуальних алгоритмів виявлення небезпек та їх застосування у реальних умовах експлуатації суден.

5.2.4 Стійкість інтелектуальних методів до несприятливих умов та виявлення малих, слабоконтрастних і дрейфуючих об'єктів

Ефективність систем автоматичного виявлення навігаційних небезпек визначається насамперед їхньою здатністю працювати у реальному морському середовищі, яке суттєво відрізняється від лабораторних умов. Туман, опади, висока хвиля, різкі зміни освітлення, відблиски сонця, нічна навігація та бризки на оптиці створюють значні перешкоди для алгоритмів комп'ютерного зору. Особливо складними є сценарії, де потрібно виявляти малі, слабоконтрастні або дрейфуючі об'єкти – саме ті, що найчастіше становлять практичну небезпеку для судна.

У таблиці 5.2 наведено основні фактори, що впливають на роботу інтелектуальних моделей, характерні проблеми та методи їх технічної компенсації.

Таблиця 5.2 – Вплив гідрометеорологічних умов на роботу інтелектуальних систем та засоби їх компенсації

Фактор середовища	Вплив на алгоритми	Типові проблеми	Засоби компенсації (сенсор / модель)
Обмежена видимість, туман	Різке падіння контрастності, розмиття контурів	Неможливість локалізації дрібних цілей	– радар як головний сенсор; – CNN з адаптивною нормалізацією; – поєднання RGB+IR
Дощ, опади	Шум на зображенні, «засвічення» пікселів	Помилкові межі, хибні спрацювання	– використання глибинних моделей для фільтрації шуму; – LiDAR з корекцією сигналу
Хвилювання, піна, відблиски	Динамічний фон, що імітує малі об'єкти	Змішування шуму з реальними цілями	– моделі, що працюють з відеопотоком; – механізм уваги (Transformers)
Різкі зміни освітлення	Перенасичені або затемнені ділянки кадру	Втрата частини сцени, нечіткі межі	– HDR-камери; – гібридні CNN+Transformer моделі
Нічні умови	Видимість залежить від слабких світлових сигналів	Втрата дрібних об'єктів, зниження точності	– інфрачервоні камери; – мультиспектральні моделі
Вітер, вібрації камери	Розмиття кадру, нестабільність зображення	Неправильна оцінка розміру/форми	– стабілізація оптики; – сегментаційні моделі
Низький контраст цілі	Злиття об'єкта з фоном	Неможливість виділити контури	– моделі з механізмом уваги; – сегментація (U-Net, Mask R-CNN)

Сучасні інтелектуальні моделі значно краще пристосовані до змін навколишнього середовища, ніж класичні алгоритми. CNN здатні аналізувати складні патерни та працювати у ситуаціях, де ознаки нечіткі або частково приховані. Моделі з механізмом уваги ефективно виділяють важливі елементи сцени, навіть коли фон нестабільний або надмірно насичений деталями. Сегментаційні підходи дозволяють точніше визначати форму і розміри об'єкта, що важливо під час маневрування у вузькостях та при роботі поруч із дрейфуючими перешкодами.

Найбільші труднощі виникають під час виявлення малих, слабконтрастних та дрейфуючих об'єктів. Вони не мають AIS-передавачів, мають слабку радіолокаційну відбивну поверхню та часто з'являються лише на окремих кадрах через хвилювання. Для їх розпізнавання застосовують моделі,

що працюють із відеопотоками, а також багатосенсорні системи, де дані з камер, LiDAR та радара поєднуються у єдине оцінювання [35, 36].

Особливо важливо враховувати динаміку таких об'єктів. Дрейфові перешкоди рухаються хаотично та непередбачувано, тому алгоритм повинен аналізувати зміну їх положення у часі, а не лише у статичному зображенні. У нічних умовах додаткову роль відіграють інфрачервоні камери, які дозволяють виявляти об'єкти завдяки тепловому контрасту, хоча і мають обмеження у середовищі з високою вологістю або дощем.

Таким чином, стійкість інтелектуальних систем значною мірою залежить від їх здатності адаптуватися до гідрометеорологічної обстановки, фільтрувати динамічні шуми та працювати з кількома сенсорними каналами. Поєднання CNN, Transformer-моделей, сегментаційних підходів та багатосенсорної інтеграції створює основу для підвищення точності виявлення небезпек у складних умовах. Саме ці характеристики визначають реальну практичну цінність систем автоматичного сприйняття обстановки у сучасному судноводінні.

5.2.5 Оцінка ризиків, що виникають при застосуванні автоматизованих систем у навігації

Використання автоматизованих та інтелектуальних систем у судноводінні підвищує рівень ситуаційної обізнаності та зменшує навантаження на вахтового офіцера, однак супроводжується появою низки технічних та операційних ризиків. Їх оцінювання є важливою умовою безпечної експлуатації таких систем у реальних навігаційних ситуаціях.

Одним із ключових викликів є поява хибних спрацювань. Морське середовище формує значну кількість шумових елементів, які іноді інтерпретуються системою як небезпечні цілі. Унаслідок цього судноводій може поступово зменшувати довіру до автоматичних попереджень. Особливо небезпечним це є у нічних умовах або в районах із високою щільністю руху.

Значну загрозу становить надмірне покладання на автоматизацію. Екіпаж інколи сприймає роботу системи як повністю надійну та об'єктивну, що може призвести до втрати пильності й запізнілої реакції. Автоматизована система аналізує дані, але не здатна повністю враховувати контекст, який досвідчений судноводій оцінює інтуїтивно.

Окрему групу становлять ризики, пов'язані з технічними збоями. Помилки сенсорів, затримки в оновленні даних, програмні збої або неправильна робота окремих модулів можуть спричинити:

- раптову втрату цілі;
- спотворення координат;
- затримку у формуванні попереджень;
- передачу недостовірної інформації без індикації помилки.

Системи також стикаються з ризиком суперечливості даних від різних сенсорів. У разі відмінностей між радаром, камерою та AIS система повинна правильно визначити, яке джерело є більш достовірним. Помилка у виборі пріоритету може призвести до неправильного прогнозування зближення або неадекватної оцінки небезпеки.

Важливим є і ризик, пов'язаний із моделями машинного навчання. Оскільки вони працюють на основі статистичних закономірностей, їх точність залежить від різноманітності навчальних даних. Якщо модель не була навчена на складних або рідкісних морських ситуаціях, можливі помилки у розпізнаванні об'єктів під час туману, сильного хвилювання, у вузькостях або в специфічних сценаріях маневрування.

Людський фактор також має суттєвий вплив. Неправильні налаштування сенсорів, несвоєчасне оновлення програмного забезпечення, помилки у взаємодії з інтерфейсом чи неточна інтерпретація повідомлень можуть знизити ефективність системи. Для запобігання таким помилкам екіпаж повинен розуміти логіку роботи алгоритмів і принципи їхніх рішень.

Окремі ризики мають нормативний характер. Автоматизовані системи повинні діяти відповідно до COLREGs, але автоматична інтерпретація правил

іноді може відрізнятися від дій, які б у тій самій ситуації здійснив досвідчений судноводій. Крім того, питання відповідальності за дії автономних або напіваавтономних систем залишається відкритим і потребує міжнародного врегулювання.

Таким чином, основні ризики, пов'язані з використанням автоматизованих систем у навігації, охоплюють:

- хибні тривоги;
- надмірне покладання на автоматизацію;
- технічні відмови та збої сенсорів;
- суперечливість даних між різними джерелами;
- обмеження моделей машинного навчання;
- помилки екіпажу під час роботи з системою;
- нормативні та правові невизначеності.

Узгоджене врахування цих ризиків є необхідною умовою створення більш стійких, передбачуваних та інтерпретованих систем автоматичного виявлення небезпек. Це визначає подальші вимоги до їхньої архітектури та інтеграції у навігаційну практику [34].

5.2.6 Вимоги до сучасної системи автоматичного виявлення небезпек у контексті автономних суден

Перехід до автономних і напіваавтономних технологій морського судноплавства сформував нове бачення ролі систем автоматичного виявлення небезпек. У традиційній практиці судноводіння саме офіцер на вахті оцінює обстановку, порівнює дані з приладів, інтерпретує ситуацію та ухвалює рішення відповідно до COLREGs. У системах MASS значна частина цих функцій переноситься на алгоритми, які повинні працювати стабільно, передбачувано та з високою точністю навіть у складних умовах.

Це зумовлює підвищені вимоги до системи автоматичного виявлення небезпек, яка повинна не лише фіксувати об'єкти, але й оцінювати їхню роль у

навігаційній ситуації, визначати характер зближення та вчасно попереджувати про небезпечні тенденції. Для автономних суден це є критично важливим, оскільки відсутній судноводій, який міг би компенсувати помилки або неоднозначність сприйняття. Для традиційного флоту такі системи виконують роль інтелектуального помічника, здатного зменшити навантаження на екіпаж.

Беручи до уваги технічні, операційні та нормативні аспекти, сучасна система автоматичного виявлення небезпек у рамках MASS повинна відповідати таким вимогам:

- висока точність виявлення об'єктів у широкому діапазоні умов, включно з малими та слабоконтрастними цілями;
- забезпечення роботи у реальному часі, мінімальна затримка обробки даних;
- адаптивність до гідрометеорологічних умов та здатність змінювати пріоритети сенсорів;
- коректна інтерпретація типів навігаційних ситуацій відповідно до COLREGs;
- стабільність та відмовостійкість, можливість компенсувати вихід з ладу окремих модулів;
- прозорість і зрозумілість логіки роботи алгоритмів для екіпажу або оператора;
- повна інтеграція з ECDIS, ARPA, AIS та іншими судовими джерелами даних.

Кожен із зазначених пунктів має практичне значення. Точність визначає, чи зможе система своєчасно зафіксувати небезпеку; робота в реальному часі забезпечує запас маневрової дистанції; адаптивність дозволяє залишатися ефективною у тумані, дощі чи при хвилюванні; відповідність COLREGs гарантує, що система пропонує маневри, які відповідають міжнародним правилам; відмовостійкість зменшує ризики технічних збоїв; прозорість алгоритмів підтримує довіру екіпажу; інтеграція з навігаційним комплексом усуває інформаційні прогалини.

Узагальнюючи, сучасна система автоматичного виявлення небезпек для MASS повинна являти собою комплексне, узгоджене та інтелектуальне рішення, здатне працювати у взаємодії з усіма іншими навігаційними модулями. Лише така система може забезпечити достатній рівень надійності та прогнозованості для автономного судноплавства та водночас підвищити ситуаційну обізнаність екіпажу на традиційних судах [33, 34, 41].

5.3 Напрями вдосконалення систем автоматичного виявлення морських небезпек

5.3.1 Концептуальні принципи побудови сучасної судноводної системи виявлення небезпек

Ефективна система автоматичного виявлення навігаційних небезпек повинна спиратися не лише на сучасні алгоритми машинного навчання, але й на продуману архітектуру, здатну працювати у складному морському середовищі. Такі системи мають забезпечувати повний цикл сприйняття обстановки – від первинного збору даних до формування рекомендацій для маневрування.

Основні концептуальні принципи побудови такої системи включають:

1. Багатошаровість сприйняття.

Кілька незалежних сенсорів (радар, AIS, оптичні та інфрачервоні камери, LiDAR, GNSS) забезпечують надлишковість та підвищують стійкість системи до відмов. Жоден окремий сенсор не є універсальним, тому система повинна залишатися функціональною навіть за виходу з ладу одного каналу [36].

2. Інтеграція та узгодження даних.

Система повинна зіставляти покази різних сенсорів, виявляти невідповідності та формувати узгоджену модель обстановки. Розбіжності між радаром та AIS або між відеопотоком і радіолокаційною траєкторією мають аналізуватися автоматично.

3. Інтелектуалізація аналізу.

Алгоритми комп'ютерного зору повинні розпізнавати об'єкти, оцінювати параметри їхнього руху, класифікувати цілі та виявляти малі об'єкти навіть у складних умовах. Поєднання візуальної інформації з даними радара підсилює ситуаційну обізнаність.

4. Контекстна інтерпретація.

Система повинна не лише фіксувати наявність об'єкта, але й оцінювати його роль у навігаційній ситуації, визначати тип зближення, відповідність сценарію вимогам COLREGs та потенційну небезпеку.

5. Зрозуміла взаємодія з користувачем.

Подача попереджень і рекомендацій має бути прозорою та інтерпретованою. Судноводій повинен розуміти логіку роботи системи, причини формування попередження та основні фактори, що були враховані алгоритмом.

6. Безперервність та стійкість роботи.

Система повинна зберігати працездатність упродовж усього рейсу навіть при нестабільних даних, складних погодних умовах або частковій відмові компонентів. У разі критичної помилки вона має переходити у безпечний режим і повідомляти екіпаж.

7. Модульність і масштабованість.

Архітектура повинна дозволяти оновлення окремих компонентів без повної заміни системи. Це важливо через швидку еволюцію алгоритмів машинного навчання та потребу адаптації до майбутніх нормативних вимог [41].

5.3.2 Оцінка придатності методів розпізнавання об'єктів для різних умов мореплавства

Морське середовище характеризується значною мінливістю, тому жоден метод автоматичного розпізнавання не може вважатися універсальним.

Ефективність алгоритмів залежить від типу навігаційного району, погодних умов, якості сенсорних даних та властивостей самих об'єктів. Оцінка придатності різних підходів є необхідною для формування системи, здатної стабільно працювати у широкому діапазоні ситуацій.

Одним із ключових критеріїв є здатність виявляти малі та слабконтрастні об'єкти, які становлять найбільшу небезпеку у відкритому морі й поблизу риболовецьких районів. Методи на основі згорткових нейронних мереж добре справляються з виділенням структурних ознак навіть на складному фоні, однак їх ефективність прямо залежить від стабільності відеопотоку та якості оптичного сигналу. У тумані, дощі чи при сильному хвилюванні ці фактори можуть суттєво знижувати точність.

Моделі, побудовані на механізмі уваги, демонструють кращу стійкість до змін освітлення. У прибережних районах, де часто присутні відблиски, різкі світлові переходи й складний фон, такі алгоритми здатні утримувати ціль навіть за її часткового перекриття хвилею або при короткочасному засвіченні. У присмеркових та нічних умовах їх ефективність додатково зростає при використанні інфрачервоних каналів.

У районах з обмеженою видимістю перевагу отримують радіолокаційні системи та LiDAR (рис. 5.5). Радар залишається стабільним навіть у дощі і туман, але має обмеження щодо розміру цілі. LiDAR забезпечує високу точність у ближній зоні, проте чутливий до атмосферних опадів. Методи обробки хмар точок поки що застосовуються рідше, але показують перспективні результати у динамічних хвильових умовах [36, 41].

У вузькостях, портах і районах із великою кількістю фонових перешкод найкращий результат забезпечує багатосенсорний підхід. Оптичні методи добре ідентифікують форму об'єктів, але можуть помилятися при складному фоні; радар стабільно визначає їхнє положення, але не дає детальної класифікації. У поєднанні ці джерела компенсують обмеження один одного, а інтелектуальні алгоритми уточнюють тип об'єкта та його роль у навігаційній ситуації.

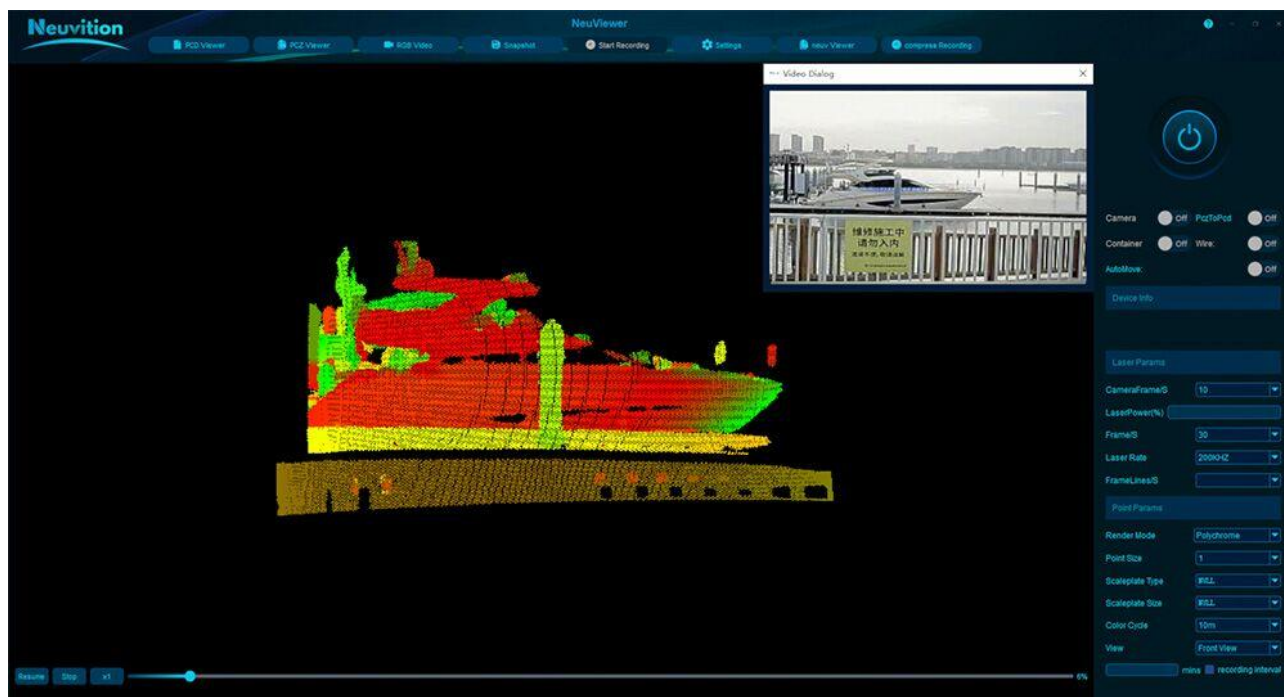


Рисунок 5.5 – Зображення судна з датчика LiDAR

У відкритому океані важливим аспектом є робота з відеопотоком. Алгоритми, здатні аналізувати рух у часі, краще виявляють дрейфуючі цілі, траєкторія яких нестабільна. Це дозволяє фіксувати об'єкти, що з'являються нерівномірно та мають мінливі контури на тлі хвиль.

Придатність методів розпізнавання визначається поєднанням:

- типу навігаційного району (відкрите море, прибережні води, вузькості, порти);
- стану моря та видимості;
- якості відео- і сенсорних даних;
- здатності моделі працювати з динамікою об'єктів;
- можливостей багатосенсорної інтеграції.

Моделі реального часу найкраще підходять для відкритого моря; методи, стійкі до зміни освітлення, – для прибережних районів; радіолокаційні й комбіновані системи – для умов низької видимості. Така диференційована оцінка дозволяє формувати гнучкі системи автоматичного виявлення небезпек, здатні адаптуватися до реальних потреб мореплавства.

5.3.3 Методи вдосконалення систем автоматичного виявлення морських небезпек

Удосконалення інтелектуальних систем виявлення морських небезпек потребує системного підходу, що враховує як технічні особливості роботи сенсорів і алгоритмів, так і умови експлуатації судна, роль екіпажу та загальні вимоги морської безпеки. Для мінімізації ризиків та підвищення надійності таких систем необхідні чітко сформульовані рекомендації, які можуть бути реалізовані у практиці судноводіння. Нижче наведено узагальнений перелік найбільш значущих із них.

1) Підвищення якості та стабільності первинних сенсорних даних.

Інтелектуальні алгоритми працюють коректно лише за умови отримання достовірної вхідної інформації. Це передбачає регулярне технічне обслуговування сенсорів, очищення та обігрів оптичних камер, перевірку точності радара, коректне налаштування фільтрів, а також стабілізацію кріплень. Зменшення кількості шумів на вході напряму впливає на точність розпізнавання об'єктів.

2) Використання адаптивних алгоритмів обробки даних.

Система повинна автоматично змінювати пріоритетність сенсорів залежно від умов: у тумані посилювати роль радіолокації; у нічний час – інфрачервоних камер; у відкритому морі – підвищувати чутливість до дрейфуючих об'єктів. Така адаптивність дозволяє уникати втрати цілей та хибних висновків.

3) Узгодження даних із різних джерел та аналіз їхньої достовірності.

Наявність суперечливих показів між AIS, радаром і оптикою є природним явищем у морі. Тому система повинна не лише поєднувати ці дані, але й оцінювати їхню надійність. Це дозволяє уникати ситуацій, коли рішення базується на помилковій або застарілій інформації.

4) Взаємодія системи з судноводієм та зрозумілий інтерфейс.

Ефективність системи залежить від того, наскільки легко судноводій може тлумачити її сигнали. Інтерфейс має бути інтуїтивно зрозумілим, попередження – аргументованими та логічними, а рівень деталізації – збалансованим. Якщо система пояснює, чому подає сигнал тривоги, це підвищує довіру екіпажу і запобігає ігноруванню важливих повідомлень.

5) Підготовка екіпажу та регулярне навчання.

Інтелектуальна система не буде ефективною без правильно підготовленого користувача. Судноводії повинні розуміти принципи роботи алгоритмів, їх обмеження, типові помилки та особливості поведінки системи у складних умовах. Навчання допомагає уникнути неправильного тлумачення сигналів та зменшує кількість операційних ризиків.

6) Підвищення відмовостійкості та введення резервних режимів роботи.

Система повинна бути здатною продовжувати роботу навіть за умов виходу з ладу окремих сенсорів або збою програмних модулів. Це включає дублювання ключових сенсорів, резервні канали даних, аварійний режим із обмеженою автоматизацією та автоматичне ведення журналу помилок для подальшого аналізу.

7) Інтеграція системи виявлення небезпек у загальний навігаційний комплекс судна.

Система повинна функціонувати не ізольовано, а як частина єдиного інформаційного простору, узгодженого з ECDIS, ARPA, AIS та іншими приладами. Такий підхід забезпечує судноводію повну та цілісну картину навігаційної обстановки, зменшуючи ризик неправильних рішень.

Отже, підвищення ефективності інтелектуальних систем виявлення небезпек можливе лише за умови одночасного вдосконалення технічних компонентів, організації експлуатації та взаємодії системи з екіпажем. Комплексне виконання наведених рекомендацій формує основу для безпечного впровадження інтелектуальних технологій у сучасне судноводіння та забезпечує передумови для розвитку автономних суден.

5.3.4 Висновки

Проведене дослідження дозволило сформулювати комплексне бачення сучасних підходів до автоматичного виявлення морських навігаційних небезпек та визначити фактори, що найбільш суттєво впливають на ефективність таких систем у реальних умовах судноплавства. Аналіз еволюції навігаційних засобів показав, що інтеграція класичних сенсорів із інтелектуальними методами обробки даних є ключовою передумовою підвищення ситуаційної обізнаності судноводія та розвитку автономного судноплавства.

У роботі встановлено, що традиційні засоби спостереження – радар, AIS, оптичні та інфрачервоні системи – забезпечують фундамент для сприйняття обстановки, однак мають природні обмеження, особливо у випадку малих, слабконтрастних та дрейфуючих об'єктів. Сучасні моделі комп'ютерного зору здатні підвищувати точність їх виявлення, проте їхня результативність істотно залежить від стану моря, якості сенсорних даних та належної інтеграції з іншими джерелами інформації. Це підтвердило висновок, що синергія між сенсорами та алгоритмами є більш визначальною для безпеки, ніж продуктивність будь-якого окремого методу.

Розгляд практичних умов застосування інтелектуальних систем показав, що якість роботи залежить не лише від програмних рішень, але й від організації експлуатації: налаштування і технічного стану сенсорів, підготовки екіпажу, зрозумілості інтерфейсу, а також дотримання вимог COLREGs. Особливу роль відіграють механізми адаптації, здатність системи змінювати режим роботи залежно від гідрометеорологічних умов та відмовостійкість при збоях окремих модулів.

Сформульовані рекомендації демонструють, що підвищення ефективності систем автоматичного виявлення небезпек можливе за умови комплексного вдосконалення:

- стабілізації та підвищення якості сенсорних даних;
- адаптивної обробки інформації залежно від умов плавання;

- надійного узгодження даних та оцінки їхньої достовірності;
- розробки інтерфейсів, зрозумілих для судноводія;
- побудови відмовостійких архітектур;
- повної інтеграції системи виявлення небезпек у навігаційний комплекс судна.

Інтелектуальні системи виявлення небезпек мають високий потенціал для підвищення безпеки мореплавства, але їхня ефективність визначається не лише алгоритмічною складністю, а й здатністю працювати у взаємодії з реальними умовами експлуатації та міжнародними навігаційними нормами. Одержані результати створюють наукову та практичну основу для подальших досліджень, спрямованих на оптимізацію інтегрованих систем підтримки рішень і розвиток технологій автономного судноплавства.

РОЗДІЛ 6

РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ СУДНА В РЕЙСІ

6.1 Загальна частина

У умовах ринкової економіки, центр всієї економічної діяльності переміщається до основної ланки - підприємства, судноплавної компанії, судна.

Саме на цьому рівні створюється потрібна суспільству продукція, виявляються необхідні транспортні послуги. Ринкова економіка по-новому ставить питання обґрунтування економічної доцільності нововведень, постійного аналізу в області організації, управління, технології і техніки.

Є два джерела збільшення прибутку судноплавної компанії (судна), упровадження нововведення: зниження собівартості одиниці продукції або транспортних послуг і покращення їх експлуатаційно-економічних характеристик. Реалізується це через зниження ціни та за рахунок підвищення конкурентоспроможності судна, або через підвищення ціни (фрахтової ставки) і збереження об'єму перевезень завдяки високій конкурентоспроможності через більш високі експлуатаційно-економічні показники продукції, транспортних послуг, ніж у конкурентів.

При рішенні задачі, в першу чергу, необхідно визначити джерела підвищення прибутковості судна. В другу чергу, необхідно визначити основні напрями досягнення найвищого економічного результату за рахунок вибору найкоротшого і безпечного шляху проходження, економії ходового і стоянкового часу, збільшення експлуатаційного періоду, скорочення експлуатаційних витрат і використання внутрішніх резервів. При оцінці ефективності рейсу необхідно виконати наступні розрахунки:

- 1). Розрахувати кількісні, якісні, експлуатаційно-економічні і фінансові показники роботи судна в рейсі;

- 2). Визначити провізну здатність судна за рейс і експлуатаційний період роботи;
- 3). Розрахувати експлуатаційні витрати судна за добу і за рейс по статтях (постійні, розподілені, змінні);
- 4). Розрахувати доходи від транспортної роботи за рейс і експлуатаційний період;
- 5). Визначити собівартість змісту судна за добу експлуатації судна в рейсі;
- 6). Визначити собівартість перевезення за експлуатаційний період 1 тонни вантажу;
- 7). Розрахувати прибуток судна за рейс і експлуатаційний період;
- 8). Обґрунтувати економічну ефективність виконання рейсу, доцільність використання судна в заданому регіоні;
- 9). Спрогнозувати роботу судна за експлуатаційний період по основних показниках: об'єму перевезеного вантажу, об'єму транспортної роботи, доходу, загальним витратам, прибутку судна, рівню дохідності;
- 10). Визначити економічний ефект, отриманий в результаті впровадження досліджень магістерської роботи (упровадження нововведення);
- 11). Розрахувати приріст прибутку;
- 12). Зробити висновки, внести пропозиції по поліпшенню експлуатації судна згідно з темою чи предметом дослідження магістерської роботи.

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», преїскурантів, тарифів та ін..

Вихідні дані рейсу т/х «POPEYE» з порту Ньюкасл (Австралія) в порт Вунг Тау (В'єтнам) зведені в таблицю 6.1.

Таблиця 6.1 – Початкові дані для розрахунку рейсу

№ п/п	Найменування показників	Умовні позначення	Одиниця вимірювання	Значення
1	Дедвейт т/х «POPEYE»	D_w	тонн	98 730
2	Запаси на початок рейсу	G_p	тонн	1 375.6
3	Відстань між портами	L	милі	4 572.2
4	Кількість навантаженого вантажу:	ΣQ_m	т	97300
5	Норми навантаження вантажу	$M_{\text{ван}}$	тонн / добу	40 000
6	Норми вивантаження вантажу	$M_{\text{вив}}$	тонн / добу	30 000
7	Експлуатаційна швидкість	v_e	екс. вузли	11.5
8	Швидкість в каналах, вузкостях	v_k	кан. вуз.	8
9	Добова витрата палива на ходу: важке	q^B_x	тонн / добу	47
	Добова витрата палива на стоянці: легке	$q_{\text{ст}}$	тонн / добу	6.5
10	Ціна 1 тони палива: важке	C_v	\$ / тонна	500
	легке	C_l	\$ / тонна	850
11	Балансова вартість судна	$C_{\text{бал}}$	тис. \$	30 000
12	Річна норма амортизації	H_a	%	7
13	Час зовні експлуатації	$T_{\text{зе}}$	діб.	10
14	Чисельність екіпажу	$Ч_{\text{ек}}$	чол.	22
15	Час затримки в дорозі	$t_{\text{зат}}$	доб.	0.2
16	Додатковий час в портах стоянки	$t_{\text{дод}}$	доб.	0.2
17	Заробітна платня	$R_{\text{зп}}$	\$ / добу	2 800
18	Витрати на технічне постачання	$R_{\text{т.пос}}$	\$ / добу	600
19	Навігаційні витрати	$R_{\text{нав}}$	\$ / добу	200
20	Портові збори	$R_{\text{п}}$	\$	140 000
21	Агентство судів	$R_{\text{аг}}$	\$ / добу	250
22	Витрати на страхування суднів	$R_{\text{стр}}$	\$ / добу	400
23	Витрати на ремонт	$C_{\text{рем}}$	\$ / мр.п.	1 200 000
24	Вартість одного докування	$C_{\text{док}}$	\$	120 000

6.2 Розрахунок кількісних експлуатаційно-економічних показників роботи судна в рейсі

1. Розраховуємо чисту вантажопідйомність судна:

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

$$\Delta_q = 98\,730,0 - 1\,375,6 = 97\,354,4 \text{ т.}$$

2. Розраховуємо експлуатаційний період роботи судна:

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

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

де T_{κ} – календарний період, приймаємо 365 діб;

$T_{вз}$ – позаексплуатаційний період.

3. Розраховуємо час рейсу:

– ходовий час:

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

$$t_x = 4572,2 / (11,5 \cdot 24) + 0,2 = 16,77 \text{ діб.}$$

– стояночний час:

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

$$t_{cm} = 97\,300 / 40\,000 + 97\,300 / 30\,000 + 0,2 = 5,88 \text{ діб.}$$

– час рейсу складе:

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

$$t_p = 16,77 + 5,88 = 22,65 \text{ діб.}$$

4. Розрахуємо провізну спроможність судна:

а) зроблено тонно-миль за рейс:

$$\Sigma QL = 97\,300 \cdot 4572,2 = 444\,875\,060 \text{ тонно-миль/рейс.}$$

б) зроблено тоннаже-миль за рейс:

$$\Sigma D_{\text{ч}} L = 97\,354,4 \cdot 4572,2 = 445\,123\,788 \text{ тоннаже-миль/рейс.}$$

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

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

$$\Sigma F_{\text{рейс}} = 97300 \cdot 17 = 1\,654\,100 \text{ \$/рейс.}$$

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:

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

$$R_{\text{екс.}} = 2800 + 187 + 879 + 5\,915 + 1\,690 + 600 + 200 +$$

$$+ 140\,000 / 22,65 + 250 + 400 = 19\,102 \text{ \$/добу.}$$

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

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

$$R_{хар} = \mathcal{U}_{ек} \cdot n_{хар} \quad (6.8)$$

$$R_{хар} = 22 \cdot 9 = 187 \text{ \$/добу},$$

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

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

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

$$R_{рем} = ((3 \cdot 120\,000 + 1\,200\,000) / 5) / 355 = 879 \text{ \$/добу},$$

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

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

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

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

$$R_{ам} = (30\,000\,000 \cdot 7) / (355 \cdot 100) = 5\,915 \text{ \$/добу},$$

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

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

$$R_{сн} = (12450000 \cdot 2) / (355 \cdot 100) = 1\,690 \text{ \$/добу},$$

де $H_{сн}$ – норма постачання;

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

$R_{нав}$ – навігаційні витрати;

$R_{порт}$ – портові збори;

$R_{аз}$ – витрати з агентування;

$R_{стр}$ – витрати на страхування.

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

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

$$R_{\text{кос.}} = 19\,102 \cdot 0,02 = 382 \text{ \$/добу.}$$

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

3) Знаходимо загальні постійні експлуатаційні витрати судна за добу:

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

$$R_{\text{заг}} = 19\,102 + 382 = 19\,484 \text{ \$/добу.}$$

4) Знаходимо загальні постійні експлуатаційні витрати судна за рейс:

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

$$\Sigma R_{\text{заг.екс}} = 19\,484 \cdot 22,65 = 441\,313 \text{ \$/рейс.}$$

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:

$$R^{\text{е}}_x = k_{\text{см}} \cdot q_x \cdot \Pi_m \quad (6.15)$$

$$R^{\text{е}}_{\text{см}} = k_{\text{см}} \cdot q_{\text{см}} \cdot \Pi_{\text{в}}, \quad (6.16)$$

$$R^{\text{е}}_x = 1,1 \cdot 47 \cdot 500 = 25\,850 \text{ \$/добу;}$$

$$R^{\text{е}}_{\text{см}} = 1,1 \cdot 6,5 \cdot 850 = 6\,078 \text{ \$/добу.}$$

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

б) змінні витрати за рейс:

$$\begin{aligned}\Sigma R_{\text{пер}} &= (R_x^e \cdot t_x) + (R_{cm}^e \cdot t_{cm}) \\ \Sigma R_{\text{пер}} &= (25\,850 \cdot 16,77) + (6\,078 \cdot 5,88) = 469\,243 \text{ \$/рейс.}\end{aligned}\quad (6.17)$$

7. Знаходимо загальні витрати судна за рейс:

$$\begin{aligned}\Sigma R_{\text{рейс}} &= \Sigma R_{\text{заг.екс}} + \Sigma R_{\text{пер}} \\ \Sigma R_{\text{рейс}} &= 441\,313 + 469\,243 = 910\,556 \text{ \$/рейс.}\end{aligned}\quad (6.18)$$

8. Знаходимо прибуток судна за рейс:

$$\begin{aligned}\Sigma \Pi_{\text{рейс}} &= \Sigma F_{\text{рейс}} - \Sigma R_{\text{рейс}} \\ \Sigma \Pi_{\text{рейс}} &= 1\,654\,100 - 910\,556 = 743\,544 \text{ \$/рейс.}\end{aligned}\quad (6.19)$$

6.3 Розрахунок якісних експлуатаційно-економічних показників роботи судна в рейсі

1. Коефіцієнт використання календарного періоду:

$$\begin{aligned}K_e &= \frac{T_{\text{екс}}}{T_{\text{к}}}, \\ K_e &= 355 / 365 = 0,973.\end{aligned}\quad (6.20)$$

2. Коефіцієнт завантаження судна:

$$\begin{aligned}\alpha_3 &= \frac{\Sigma Q}{\Sigma D_{\text{ц}}}, \\ \alpha_3 &= 97\,300 / 97\,354,4 = 0,999.\end{aligned}\quad (6.21)$$

3. Середньодобова експлуатаційна швидкість:

$$V_{cp.} = \frac{L}{t_x}, \quad (6.22)$$

$$V_{cp.} = 4572,2 / 16,77 = 272,6 \text{ миль/добу.}$$

4. Коефіцієнт ходового часу:

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

$$\varepsilon_x = 16,77 / 22,65 = 0,740.$$

5. Продуктивність однієї тонни вантажопідйомності судна в добу експлуатації:

$$\mu_{\varepsilon} = \alpha_z \cdot V_{cp.} \cdot \varepsilon_x, \quad (6.24)$$

$$\mu_{\varepsilon} = 0,999 \cdot 272,6 \cdot 0,740 = 201,5.$$

6. Валова прибутковість одних судно-днів:

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

$$\mu = 1\,654\,100 / 22,65 = 73\,029 \text{ \$/доба.}$$

7. Рівень прибутковості являє відношення доходів до витрат:

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

$$УД = 1\,654\,100 / 910\,556 = 1,82.$$

Так як $УД > 1$, то рейс прибутковий.

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

$$\begin{aligned}\Sigma\Pi_{\text{рейс}} &= \Sigma\Pi_{\text{рейс}} - \Sigma N_{\text{нал}} = \Sigma\Pi_{\text{рейс}} (1 - 0,25) \\ \Sigma\Pi_{\text{рейс}} &= 743\,544 \cdot (1 - 0,25) = 557\,658 \text{ \$/рейс.}\end{aligned}\quad (6.27)$$

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

$$\begin{aligned}S_m &= \Sigma R_{\text{рейс.}} / \Sigma Q, \\ S_m &= 910\,556 / 97300 = 9,36 \text{ \$/т.}\end{aligned}\quad (6.28)$$

10. Собівартість 1 тонно-милі в рейсі:

$$\begin{aligned}S_{m-m} &= \Sigma R_{\text{рейс.}} / \Sigma Ql, \\ S_{m-m} &= 910\,556 / 444\,875\,060 = 0,0020 \text{ \$/т-м.}\end{aligned}\quad (6.29)$$

11. Собівартість утримання судна в добу експлуатації:

$$\begin{aligned}S_{c-c} &= \Sigma R_{\text{рейс.}} / t_p \\ S_{c-c} &= 910\,556 / 22,65 = 40\,201 \text{ \$/доба.екс.}\end{aligned}\quad (6.30)$$

6.4 Прогнозування роботи судна за експлуатаційний період

1. Число рейсів за експлуатаційний період:

$$\begin{aligned}C_p &= T_{\text{екс}} / t_p \\ C_p &= 355 / 22,65 = 15,67.\end{aligned}\quad (6.31)$$

2. Обсяг перевезеного вантажу за експлуатаційний період:

$$\begin{aligned}\Sigma Q_{екс} &= \Sigma Q \cdot \mathcal{U}_p \\ \Sigma Q_{екс} &= 97300 \cdot 15,67 = 1\,524\,691 \text{ т/рік.}\end{aligned}\tag{6.32}$$

3. Обсяг транспортної роботи за експлуатаційний:

$$\begin{aligned}\Sigma Ql_{екс} &= \Sigma Ql \cdot \mathcal{U}_p \\ \Sigma Ql_{екс} &= 97\,300 \cdot 4572,2 \cdot 15,67 = 6\,971\,192\,190 \text{ т-миль/рік.}\end{aligned}\tag{6.33}$$

4. Дохід за експлуатаційний період:

$$\begin{aligned}\Sigma F_{екс} &= \Sigma F_{рейс} \cdot \mathcal{U}_p \\ \Sigma F_{екс} &= 1\,654\,100 \cdot 15,67 = 25\,919\,747 \text{ \$/рік.}\end{aligned}\tag{6.34}$$

5. Загальні витрати судна за експлуатаційний період:

$$\begin{aligned}\Sigma R_{екс} &= R_{рейс} \cdot \mathcal{U}_p \\ \Sigma R_{екс} &= 910\,556 \cdot 15,67 = 14\,268\,406 \text{ \$/рік.}\end{aligned}\tag{6.35}$$

6. Прибуток судна за експлуатаційний період:

$$\begin{aligned}\Sigma \Pi &= \Pi_p \cdot \mathcal{U}_p \\ \Sigma \Pi &= 743\,544 \cdot 15,67 = 11\,651\,341 \text{ \$/рік.}\end{aligned}\tag{6.36}$$

7. Рівень прибутковості роботи судна за експлуатаційний період:

$$\begin{aligned}\Sigma \mathcal{U}\mathcal{Д} &= \Sigma F_{екс} / \Sigma R_{екс} \\ \Sigma \mathcal{U}\mathcal{Д} &= 25\,919\,747 / 14\,268\,406 = 1,82.\end{aligned}\tag{6.37}$$

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 1,82. 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	4572,2
3	Перевезено вантажів	$\sum Q$	т	97 300
4	Судно-діб в рейсі	t_p	діб	22,65
	на ходу	t_x	діб	16,77
	на стоянці	t_{cm}	діб	5,88
5	Валовий дохід	F	\$	1 654 100
6	Затрати загальні	R	\$	910 556
7	Прибуток	Π	\$	743 544
8	Коефіцієнт ходового часу	ε_x		0,740
9	Середньодобова експлуатаційна швидкість	V_{cp}	милі/добу	272,6
10	Дохідність судна	μ	\$/добу	73 029
11	Рівень дохідності	PF		1,82
12	Собівартість перевезення 1 т вантажу	S_T	\$/т	9,36
13	Собівартість 1 т-милі	S_{T-M}	\$/т-м	0,0020
14	Собівартість утримання судна за добу експлуатації	S_{C-C}	\$/доб.	40 201

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

У даній магістерській роботі запропоновано комплекс технічних та організаційних рішень, спрямованих на підвищення безпеки судноводіння шляхом розвитку та інтеграції інтелектуальних систем автоматичного виявлення морських навігаційних небезпек. На відміну від вантажних чи комерційних інновацій, ефективність таких систем доцільно оцінювати не за показниками приросту виручки, а через зменшення експлуатаційних витрат.

Загальний економічний ефект визначимо за формулою:

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

$$E_{\text{заг}} = 1\,180 + 2\,020 + 0 + 3\,000 = 6\,200 \text{ $/рейс},$$

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.

Визначимо економію від скорочення експлуатаційних витрат ($E_{\text{еквт}}$). Впровадження інтелектуальної системи зменшує кількість зайвих маневрів та відхилень курсу, що дозволяє знизити витрати палива приблизно на 0,3% у рейсі.

$$E_{\text{еквт}} = 47 \cdot 16,77 \cdot 500 \cdot 0,3 / 100 = 1\,180 \text{ $/рейс}. \quad (6.39)$$

Визначимо економію за рахунок скорочення простою судна ($E_{\Delta \text{txcm}}$). Раннє виявлення небезпек та зменшення кількості коригувальних маневрів дозволяє

скоротити час переходу. Тоді економія від скорочення ходового часу становитиме:

$$E_{\Delta t_{xcm}} = 16,77 \cdot 40\,201 \cdot 0,3 / 100 = 2\,020 \text{ \$/рейс.} \quad (6.40)$$

Визначимо економію від підвищення збереженості вантажу ($E_{збер}$). У даній роботі відсутня оскільки впроваджувана інтелектуальна система автоматичного виявлення навігаційних небезпек не впливає безпосередньо на фізичний стан вантажу та не змінює процеси його розміщення, кріплення або транспортування. Тоді економія від підвищення збереженості вантажу становить:

$$E_{збер} = 0 \text{ \$/рейс.} \quad (6.41)$$

Поліпшення ситуаційної обізнаності зменшує ризик зіткнення з дрейфуючими об'єктами та малими суднами. Середній збиток від незначного пошкодження корпусу становить близько 100 000 \$, а ймовірність такого інциденту – приблизно 10% на рейс у складних районах плавання. Приймемо зменшення ризику такої події за рахунок покращення ситуаційної обізнаності рівним 30%.

Тоді економія від запобігання можливого збитку становить:

$$E_{зб} = 100\,000 \cdot 0,10 \cdot 0,3 = 3\,000 \text{ \$/рейс.} \quad (6.42)$$

Розрахунок приросту прибутку

Приріст чистого прибутку здійснюється за формулою:

$$\Delta ЧП = (П_n - П_c) \cdot (1 - 0,25), \quad (6.43)$$

$$\Delta ЧП = 6\,200 \cdot (1 - 0,25) = 4\,650 \text{ \$/рейс.}$$

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

Π_n – прибуток в базовому варіанті;

Π_c – прибуток з урахуванням упровадження 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)

Вантажне судно «Medi Salerno» стоїть у порту Карачі (Пакистан) біля причалу № 14 спеціалізованого перевантажувального комплексу для рідких хімічних наливних вантажів. Отримано повідомлення про виявлення на території портової споруди, що взаємодіє з судном, підозрілого предмета. У ході екстреного припинення вантажних робіт сталося несанкціоноване падіння бочки-контейнера зі зрідженим хлором, що є сильнодіючою отруйною речовиною (СДОР). Внаслідок інциденту на території причалу розлилося 0,4 т СДОР, характер розливу – «вільно».

Метеорологічні умови на момент аварії: час доби -день, 9.00, температура повітря 0°, швидкість вітру 6 м/с, вітер – зустрічний, суцільна хмарність. На території порту оголошена терористична загроза. Відстань від судна до місця аварії – 0,3 км. Характер місцевості – територія порту.

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

Визначити заходи контролю доступу задля забезпечення охорони судна.

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 6,0 м/с, суцільна хмарність) за допомогою таблиці 7.1 визначаємо, що 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
1	2	3	4	5	6	7
0,5	конвекція	конвекція	ізотермія	інверсія	інверсія	ізотермія
0,6-2,0	конвекція	конвекція	ізотермія	інверсія	інверсія	ізотермія
2,1 – 4,0	конвекція	ізотермія	ізотермія	ізотермія	ізотермія	ізотермія
> 4,0	ізотермія	ізотермія	<u>ізотермія</u>	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:

$$Q_{e1} = K_1 \cdot K_3 \cdot K_5 \cdot K_7^1 \cdot Q_0 \quad (8.1)$$

$$Q_{e1} = 0,18 \cdot 1,0 \cdot 0,23 \cdot 0,6 \cdot 0,4 = 0,01 \text{ т},$$

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

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

K_5 – коефіцієнт, враховуючий рівень вертикальної стійкості повітря (для ізотермії $K_5 = 0,23$);

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

Q_0 – 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)
								0
сірчистий ангідрид	-	1,588	-34,1	0,6	0,18	0,052	1,0	0,6 / 1

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

Площа розливу S_p (м²) СДОР дорівнює:

$$S_p = \frac{V_p}{h} = \frac{Q_0}{h} \quad (8.2)$$

$$S_p = 0,4 / 1,558 / 0,05 = 5,135 \text{ м}^2,$$

де V_p – об'єм СДОР, що розлився, м³;

Q_o – кількість СДОР, що розлився при аварії;

ρ – щільність СДОР (табл. 7.2), т/м³;

h – товщина шару СДОР, м.

4) Розраховуємо тривалість вражаючої дії (Т) СДОР:

$$T = \frac{h \cdot \rho}{K_2 \cdot K_4 \cdot K_7^{II}} + \frac{1}{K_M + v_n} \quad (8.3)$$

$$T = \frac{0,05 \cdot 1,558}{0,052 \cdot 2,67 \cdot 1} + \frac{1}{0,2 \cdot 35} = 0,704 \text{ год або } 42,3 \text{ хв,}$$

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

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

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

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

v_n – швидкість перенесення переднього фронту хмари зараженого повітря (табл. 7.5), км/год.

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	1	1,33	1,67	2,0	2,34	<u>2,67</u>	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_{Π} переднього фронту хмари зараженого повітря залежно від швидкості вітру

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

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

$$Q_{e2} = (1 - K_1) \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot K_7^{\Pi} \cdot \frac{Q_0}{h \cdot \rho} \quad (8.4)$$

$$Q_{e2} = (1 - 0,18) \cdot 0,052 \cdot 1 \cdot 2,67 \cdot 0,23 \cdot 1 \cdot 1 \cdot \frac{0,4}{0,05 \cdot 1,558} = 0,1344 \text{ т,}$$

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

6) 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 $Q_{el} = 0,01$ т та швидкості вітру $u = 6$ м/с глибина зони зараження буде дорівнювати: $\Gamma_1 = 0,15$ км.

Для $Q_{e2} = 0,1344$ т та швидкості вітру $u = 6$ м/с визначаємо глибину зони зараження вторинною хмарою СДОР: $\Gamma_2 = 0,53$ км.

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

$$\Gamma_\Sigma = \Gamma' + 0,5 \cdot \Gamma'' \quad (8.5)$$

$$\Gamma_\Sigma = 0,53 + 0,5 \cdot 0,15 = 0,605 \text{ км},$$

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

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

$$\Gamma_n = N \cdot v_n, \quad (8.6)$$

$$\Gamma_n = 1 \cdot 35 = 35 \text{ км},$$

де N – час від початку аварії, год;

V_n – швидкість переносу переднього фронту зараженого повітря при даній швидкості повітря і степені вертикальної стійкості повітря, км/год (таблиця 7.5).

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

$$\Gamma = \min(0,605; 35) = 0,605 \text{ км}$$

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

$$S_\phi = \pi \cdot \Gamma^2 \cdot \phi / 360^\circ \quad (8.7)$$

$$S_\phi = 3,14 \cdot 0,605^2 \cdot 45^\circ / 360^\circ = 0,144 \text{ (км}^2\text{)},$$

де Γ – розрахункова глибина зони зараження, км;

φ° – кутовий розмір зони зараження (табл. 7.7), $^\circ$.

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
$\varphi, ^\circ$	360	180	90	<u>45</u>

7) Визначаємо площу зони фактичного зараження S_ϕ (км²):

$$S_\phi = K_8 \cdot \Gamma^2 \cdot N^{0,2} \quad (8.8)$$

$$S_\phi = 0,133 \cdot 0,605^2 \cdot 1^{0,2} = 0,049 \text{ км}^2,$$

де K_8 – коефіцієнт, що залежить від ступеня вертикальної стійкості повітря (при ізотермії $K_8 = 0,133$).

Територія можливого хімічного зараження становить собою сектор, що має кутовий розмір $\varphi = 45^\circ$ (табл. 7.7) і радіус, який дорівнює значенню розрахунковій глибині зони зараження $\Gamma = 0,605$ км. Центр сектора сходиться з джерелом зараження – місцем розливу СДОР. Бісектриса сектора сходиться з віссю сліду хмари та орієнтована по напрямку вітру.

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

8) Розраховуємо глибину зони смертельних уражень Γ (км):

$$\Gamma_l = \lambda \cdot K_m \cdot \left(\frac{Q_e}{D_l}\right)^\psi \quad (8.9)$$

$$\Gamma_l = 1,2 \cdot 0,2 \cdot \left(\frac{0,1444}{6}\right)^{0,537} = 0,032 \text{ км},$$

де λ , ψ – коефіцієнти, що залежать від швидкості вітру (табл. 7.8);

$Q_e = Q_{e1} + Q_{e2} = 0,01 + 0,1344 = 0,1444$ 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 и ψ , що залежать від швидкості вітру

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

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

$$\Gamma_{0,4l} = \lambda \cdot K_m \cdot \left(\frac{Q_e}{D_{0,4l}} \right)^\psi \quad (8.10)$$

$$\Gamma_{0,4l} = 1,2 \cdot 0,2 \cdot \left(\frac{0,1444}{2,4} \right)^{0,537} = 0,053 \text{ км},$$

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

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

$$\Gamma_{0,2l} = \lambda \cdot K_m \cdot \left(\frac{Q_e}{D_{0,2l}} \right)^\psi \quad (8.11)$$

$$\Gamma_{0,2l} = 1,2 \cdot 0,2 \cdot \left(\frac{0,1444}{1,2} \right)^{0,537} = 0,077 \text{ км},$$

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 $\Gamma = 0,605$ км.

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

$$t = \frac{x}{K_M \cdot v_{\Pi}} \quad (8.12)$$

$$T = 0,3 / (0,2 \cdot 35) = 0,0429 \text{ год} = 2,6 \text{ хв},$$

де x – 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 внаслідок аварійного розливу показала, що хмара забрудненого повітря досягне меж надбудови судна, де укритися екіпаж, приблизно через 2,6 хвилини. З огляду на параметри поширення небезпечної речовини встановлено, що судно опиняється в зоні легких уражень, а тривалість вражаючої дії становить близько 42,3 хвилини.

Заходи щодо зменшення можливих втрат серед екіпажу судна

Для мінімізації ризиків ураження екіпажу рекомендується негайно вивести всіх людей з відкритих палуб до приміщень надбудови та забезпечити їхню максимально можливу герметизацію. Необхідно організувати постійний контроль концентрації СДОР як у зовнішньому повітрі, так і всередині приміщень судна. Екіпажу слід перебувати в укритті до моменту, коли рівень забруднення знизиться до допустимих значень або поки не буде усунена загроза подальшого ураження.

7.2 Заходи контролю доступу задля забезпечення охорони судна

Заходи контролю доступу на судно мають охоплювати всі можливі шляхи проникнення на борт та забезпечувати надійний бар'єр для несанкціонованого потрапляння сторонніх осіб. До потенційних точок доступу належать, зокрема:

забортні трапи, ілюмінатори, швартовні троси, якірні ланцюги та штормтрапи. Кожен із цих елементів розглядається як можливий маршрут проникнення і підлягає регулярному контролю.

Вхід на судно здійснюється виключно після перевірки особи та підтвердження законності наміру відвідування. Контроль здійснює вахтовий матрос біля трапа відповідно до своїх посадових обов'язків, а також вахтовий помічник капітана. У журналі обліку відвідувачів ведеться реєстрація осіб, зайнятих у вантажних операціях, а також фіксується кількість людей, що прибули та залишили судно. Для гостей обов'язковою є наявність посвідчення особи та направлення із зазначенням мети візиту.

Особи, які відмовляються або не можуть підтвердити свою особу чи мету перебування на борту, не допускаються на судно. У разі спроби незаконного проникнення вахтовий персонал зобов'язаний негайно доповісти офіцеру з охорони судна, капітанові, посадовій особі компанії, відповідальній за охорону, представнику портового засобу та компетентним державним органам.

Контролю також підлягають багаж, ручна поклажа та особисті речі осіб, які прямують на судно. Метою перевірки є недопущення потрапляння на борт зброї, вибухових або легкозаймистих речовин та інших предметів, що становлять загрозу безпеці. Усі особи розглядаються як потенційні об'єкти догляду, а перевірки здійснюються у межах, достатніх для виявлення небезпечних предметів.

Процедури огляду включають візуальний контроль, фізичний огляд, а також використання спеціальних технічних засобів (якщо вони є на борту). Члени екіпажу не повинні проводити догляд інших членів екіпажу та їхнього особистого майна, за винятком випадків, коли існують чіткі підстави для такого огляду. З метою запобігання несанкціонованому доступу вахтовий персонал здійснює регулярні обходи зон потенційного проникнення. Усі випадки порушення режиму охорони підлягають фіксації в журналах встановленої форми.

ВИСНОВОК

У даній магістерській роботі узагальнено сучасний стан систем автоматичного виявлення морських навігаційних небезпек та показано, що класичні засоби спостереження (PLC, ARPA, AIS, ECDIS), попри їхній розвиток, не забезпечують достатню надійність при роботі з малими, слабконтрастними й дрейфуючими об'єктами, особливо за складних гідрометеорологічних умов. Проаналізовано етапи становлення автономного судноводіння та вимоги до бортових систем сприйняття обстановки, що потребують переходу від простого відображення даних до їх інтелектуальної інтерпретації.

Розглянуто математичні, інформаційні, імітаційні та когнітивні моделі опису навігаційної обстановки, а також сучасні методи комп'ютерного зору та машинного навчання. Показано, що їх ефективність істотно зростає у складі багатосенсорних систем, які поєднують дані радара, AIS, оптичних та інфрачервоних камер, але водночас потребують вирішення проблем синхронізації, суперечливих показів і стійкості до шумів довкілля.

Виявлено основні ризики застосування подібних інтелектуальних систем у навігації – від хибних спрацювань і надмірного покладання на автоматизацію до технічних збоїв та обмежень навчальних даних. На цій основі сформульовано вимоги до сучасної системи автоматичного виявлення небезпек у контексті автономних суден та запропоновано практичні напрями її вдосконалення, що охоплюють якість сенсорних даних, адаптивні режими роботи, відмовостійкість, інтеграцію з навігаційним комплексом судна та підготовку екіпажу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Методичні вказівки для виконання магістерської роботи / уклад. І. І. Ворохобін та ін. Одеса: НУ «ОМА», 2023. 96 с.
2. Ships Particulars of m/v «POPEYE».
3. Міжнародна конвенція з охорони людського життя на морі 1974 р. (SOLAS-74).
4. Конвенція та Кодекс з підготовки і дипломування моряків та несення вахти (STCW-78 з поправками).
5. Керівні принципи планування рейсу: Резолюція ІМО А.893(21). 1999.
6. Рекомендації по організації штурманської служби на морських судах України. 1998.
7. Bridge Procedures Guide. 5th ed. London: The Nautical Institute, 2016.
8. Bridge Team Management. 2nd ed. London: The Nautical Institute, 2004.
9. NP131 Catalogue of Admiralty Charts and Publications.
10. NP281 Admiralty List of Radio Signals. Vol. 1: Maritime Safety Information Services.
11. NP282 Admiralty List of Radio Signals. Vol. 2: Radio Navigation Aids, Electronic Position Fixing Systems and Radio Time Signals.
12. NP283 Admiralty List of Radio Signals. Vol. 3: Maritime Safety Information Services.
13. NP284 Admiralty List of Radio Signals. Vol. 4: Lists of Meteorological Observation Stations.
14. NP285 Admiralty List of Radio Signals. Vol. 5: Global Maritime Distress and Safety System (GMDSS).
15. NP286 Admiralty List of Radio Signals. Vol. 6: Pilots, VTS, Ports.
16. World Ocean Atlas 2023 (WOA23) / National Centers for Environmental Information (NCEI), NOAA. Електронний ресурс. Режим доступу: <https://www.ncei.noaa.gov/products/world-ocean-atlas>

17. NP01–NP72 Sailing Directions (Pilots).
18. Guide to Port Entry. 2013/2014 ed. Reigate: Shipping Guides Ltd., 2013. 2 vols. 3800 p.
19. NP314 The Nautical Almanac.
20. NP203 Admiralty Tide Tables.
21. NP136 Ocean Passages for the World.
22. International Convention for the Prevention of Pollution from Ships (MARPOL 73/78).
23. International Maritime Dangerous Goods Code (IMDG Code).
24. International Maritime Solid Bulk Cargoes Code (IMSBC Code).
25. Code of Practice for the Safe Loading and Unloading of Bulk Carriers (BLU Code).
26. International Code for the Safe Carriage of Grain in Bulk (Grain Code).
27. Guidance to Ship's Crews and Terminal Personnel for Bulk Carrier Inspections.
28. Thomas Stowage: The Properties and Stowage of Cargoes.
29. International Convention on Load Lines 1966/1988 (LL66).
30. Stability booklet of m/v «POPEYE».
31. International Code on Intact Stability, 2008 (2008 IS Code).
32. Демиденко П. П. Суднові радіолокаційні та радіонавігаційні системи: навч. посібник. Одеса, 2008. 338 с.
33. MUNIN: Maritime Unmanned Navigation through Intelligence in Networks. Research in maritime autonomous systems: project results and technology potentials: brochure. 2016. Електронний ресурс. Режим доступу: <https://web.archive.org/web/20220120090624/http://www.unmanned-ship.org/munin/wp-content/uploads/2016/02/MUNIN-final-brochure.pdf>
34. International Maritime Organization. Outcome of the Regulatory Scoping Exercise for the Use of Maritime Autonomous Surface Ships (MASS): MSC.1/Circ.1638. London, 2021. 105 p.

35. Xu R., Chen Z., Li W. MASS autonomous navigation system based on AIS big data with dueling deep Q networks prioritized replay reinforcement learning. Ocean Engineering. 2022. Vol. 261. Article 112010. Электронный ресурс. Режим доступа: <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2022.112010>
36. Zhang Y., Liu F., Wang X. Reliable LiDAR-based ship detection and tracking for Autonomous Surface Vehicles in busy maritime environments. Ocean Engineering. 2024. Vol. 303. Article 118002. Электронный ресурс. Режим доступа: <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2024.118002>
37. Li J., Wang Y., Zhang H. YOLO-MRS: An efficient deep learning-based maritime object detection method for unmanned surface vehicles. Ocean Engineering. 2024. Vol. 292. Article 116453. Электронный ресурс. Режим доступа: <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2024.116453>
38. Khan A., Rahman S., Li C. Deep learning-based object detection in maritime unmanned aerial vehicle imagery: Review and experimental comparisons. Engineering Applications of Artificial Intelligence. 2023. Vol. 128. Article 107041. Электронный ресурс. Режим доступа: <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2023.107041>
39. Tang S., Liu Q., He F. Efficient multi-branch segmentation network for situation awareness in autonomous navigation. Ocean Engineering. 2024. Vol. 299. Article 118905. Электронный ресурс. Режим доступа: <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2024.118905>
40. Wang T., Xu Z., Zhang K. LUD-YOLO: A novel lightweight object detection network for unmanned aerial vehicle. Information Sciences. 2024. Vol. 669. Article 120541. Электронный ресурс. Режим доступа: <https://doi.org/10.1016/j.ins.2024.120541>
41. Leveson N., Thomas J. A systems-theoretic approach to hazard identification of marine systems with dynamic autonomy. Ocean Engineering. 2020. Vol. 217. Article 107993. Электронный ресурс. Режим доступа: <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2020.107993>

42. IALA. Guideline G1139 on Implementation of Maritime Autonomous Surface Ships (MASS). Saint-Germain-en-Laye, 2021. 54 p.
43. Дем'янченко А. Г., Сотниченко Л. Л. Вдосконалення організаційно-економічного механізму управління розвитком підприємств морської галузі / кол. моногр.; за ред. А. Г. Дем'янченка. Одеса: НУ «ОМА», 2020.
44. International Ship and Port Facility Security Code (ISPS Code).