

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

Навчально-науковий інститут навігації

Кафедра _____ Електронних комплексів судноводіння _____

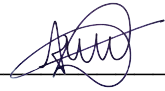
ДИПЛОМНА РОБОТА МАГІСТРАНТА

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

Дьяченко Андрія Юрійовича

(прізвище, ім'я по-батькові)

Тема роботи: «Комплексне опрацювання та дослідження етапів переходу судна «CAPE ACE» за маршрутом Річардс-Бей (Richards Bay) – Віторія (Vitoria)»

Підпис магістранта _____ 

Завідуючий кафедрою _____

Керівник _____

Рецензент _____

Нормоконтроль _____

м. Одеса
2025 рік

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ОДЕСЬКА МОРСЬКА АКАДЕМІЯ»

Навчально-науковий інститут навігації

кафедра Електронних комплексів 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

Дьяченка Андрія Юрійовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Комплексне опрацювання та дослідження етапів переходу судна «CAPE ACE» за маршрутом Річардс-Бей (Richards Bay) – Віторія (Vitoria)
затверджена наказом по академії від " __ 1 __ " грудня 2025__р. № 1455__
2. Строк здачі курсантом закінченої роботи __ " __ 3 __ " грудня 2025__ року
3. Вхідні дані до роботи:
Ворохобін та ін. Методичні вказівки до виконання магістерської роботи
Ship's particulars, Trim and Stability Booklet
Nautical Publications
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що підлягають розробці):
Характеристики судна
Аналіз, оцінка та планування навігаційного переходу
Обробка та розміщення вантажів
Оцінка морехідних якостей судна
Концептуальні основи та принципи функціонування автономних навігаційних систем MASS
5. Перелік графічного матеріалу:
Wheelhouse Poster
Графічний план переходу
Вантажний план судна
Діаграми статичної остійності на відхід та на прихід

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

Розділ (визначається кафедрою)	ПІБ консультанта	Підпис і дата
1. Характеристики судна	Цимбал М.М.	
2. Аналіз, оцінка та планування навігаційного переходу	Цимбал М.М.	
3. Обробка та розміщення вантажів	Цимбал М.М.	
4. Оцінка морехідних якостей судна	Цимбал М.М.	
5. Концептуальні основи та принципи функціонування автономних навігаційних систем MASS	Цимбал М.М.	
6. Розрахунок економічних показників роботи судна в рейсі	Цимбал М.М.	
7. Охоронні заходи та цивільна оборона на судні	Цимбал М.М.	

7. Календарний план дипломної роботи магістранта

№ п/п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
	Вступ. Характеристики судна	Вересень 2025	
	Аналіз, оцінка та планування навігаційного переходу	Жовтень 2025	
	Обробка та розміщення вантажів	Жовтень 2025	
	Оцінка морехідних якостей судна	Жовтень 2025	
	Концептуальні основи та принципи функціонування автономних навігаційних систем MASS	Листопад 2025	
	Розрахунок економічних показників роботи судна в рейсі	Листопад 2025	
	Охоронні заходи та цивільна оборона на судні. Висновки	Грудень 2025	

8. Дата видачі завдання _____

Керівник _____

Завдання до виконання прийняв _____



Магістерська робота містить 113 с., 45 використаних джерел.

У магістерській роботі виконано комплексне опрацювання та дослідження етапів переходу т/х «CAPE ACE» за маршрутом Річардс-Бей (Richards Bay) – Віторія (Vitoria). Вантаж – 158 166 т вугілля.

В роботі проведено аналіз, оцінку та планування навігаційного переходу. Розраховано кількість вантажу та запасів для здійснення безпечного переходу. Розглянуто концептуальні основи та принципи функціонування автономних навігаційних систем MASS.

Проведено аналіз та розрахунок економічних показників роботи судна в рейсі.

Додатково розглянуто питання охорони праці, навколишнього середовища та безпеки і охорони на морі.

Ключові слова: безпека судноплавства, сучасні засоби навігаційного обладнання, оцінка морехідних якостей судна.

The Master's thesis consists of 113 pages and 45 references.

The thesis presents a comprehensive study and analysis of the passage stages of the m/v "CAPE ACE" along the Richards Bay – Vitoria route. The cargo consists of 158,166 tons of coal.

The work includes the analysis, assessment, and planning of the navigational passage. Calculations were made regarding the cargo quantity and vessel stores required for a safe passage. The conceptual framework and operating principles of Maritime Autonomous Surface Ships (MASS) navigation systems were examined.

An analysis and calculation of the vessel's economic performance indicators for the voyage were conducted.

Additionally, issues regarding occupational health, environmental protection, and maritime safety and security were reviewed.

Key words: safety of navigation, modern navigational equipment, vessel seaworthiness assessment.

ЗМІСТ

Вступ

1. Характеристики судна.....	8
1.1 Загальні відомості і головні розміри судна.....	8
1.2 Транспортно-експлуатаційні характеристики судна.....	10
1.3 Маневрені характеристики.....	10
1.4 Навігаційне обладнання.....	12
1.5 Забезпечення непотоплюваності	12
2. Аналіз, оцінка та планування навігаційного переходу.....	14
2.1 Загальні вимоги до аналізу та плануванню навігаційного переходу.....	14
2.2 Оцінка запланованого переходу.....	14
2.2.1 Підготовка для прийому та обміну навігаційною інформацією на переході.....	16
2.2.2 Збір та аналіз гідрометеорологічної інформації.....	17
2.2.3 Збір та аналіз навігаційної інформації при прибрежному плаванні.....	19
2.3 Навігаційні розрахунки для забезпечення безпеки плавання.....	24
2.3.1 Розрахунок ортодромії.....	24
2.3.2 Складання маршрутних листів.....	26
2.3.3 Графічний план переходу.....	27
2.3.4 Розрахунок природної освітленості	28
2.3.5 Розрахунок висот приливів та побудова графіків приливів.....	29
2.4 Висновки.....	31
3. Обробка і розміщення вантажу.....	32
3.1 Транспортні характеристики вантажів.....	32
3.2 Підготовка вантажних приміщень до прийому вантажів та документальне оформлення морського перевезення.....	36

3.3	Розрахунок чистої вантажопідйомності судна.....	42
3.4	Складання вантажного плану.....	45
3.5	Характеристика експлуатаційних умов рейсу.....	46
4.	Оцінка морехідних якостей судна.....	48
4.1	Розрахунок водотоннажності й координат центра ваги судна.....	48
4.2	Розрахунки посадки і початкової остійності.....	51
4.3	Контроль остійності за матеріалами Інформації.....	54
4.4	Розрахунок і побудова діаграм остійності.....	54
4.5	Розрахунки нормованих параметрів остійності.....	56
4.6	Перевірка виконання рекомендованих ІМО критеріїв остійності.....	61
4.7	Перевірка загальної подовжньої міцності корпусу.....	61
5.	Концептуальні основи та принципи функціонування автономних навігаційних систем MASS.....	64
5.1	Введення в Концепцію Морських Автономних Надводних Суден (MASS).....	64
5.2	Архітектура автономної навігації.....	71
5.3	Технологічні виклики: сенсори та ситуаційна обізнаність (SA).....	78
6.	Розрахунок економічних показників роботи судна в рейсі.....	87
6.1	Підвищення економічної ефективності діяльності судноплавної компанії.....	87
6.2	Розрахунок кількісних та якісних показників роботи судна в рейсі.....	88
6.3	Прогнозування роботи судна, оцінка ефективності рейсу.....	96
7.	Охоронні заходи і цивільна оборона на судні.....	99

ВИСНОВКИ

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

ВСТУП

Актуальність теми. Забезпечення безпеки судноплавства є одним із найважливіших завдань водного транспорту на сьогодні. Це набуває особливого значення під час таких операцій, як причалювання, швартування, заходження в шлюз або док, проходження вузькими фарватерами та плавання у складних умовах.

Аварійні ситуації на водному транспорті несуть значні ризики: загрозу людським життям, псування гідротехнічних споруд, пошкодження суден і вантажів, а також забруднення навколишнього середовища.

Мета. Аналіз рейсу судна CAPE ACE з боку навігаційної, вантажної та економічної складової безпеки мореплавства.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

- Опис характеристик судна CAPE ACE
- Аналіз, оцінка та планування переходу Річардс-Бей– Віторія.
- Аналіз та опис характеристик вантажу, необхідних нормативних документів. Розрахувати кількість вантажу, запасів для здійснення безпечного переходу.
- Оцінка морехідних якостей судна.
- концептуальні основи та принципи функціонування автономних навігаційних систем MASS
- Аналіз та розрахунок економічних показників роботи судна в рейсі.

Об'єкт дослідження – рейс судна CAPE ACE

Предмет дослідження – опрацювання етапів рейсу судна CAPE ACE.

Методи дослідження – методи емпіричного дослідження (опис, порівняння, спостереження), загальнологічні методи та прийоми дослідження.

Практичне значення роботи складається в можливості комплексно опрацьовувати, аналізувати та досліджувати етапи рейсу суден.

РОЗДІЛ 1

ХАРАКТЕРИСТИКИ СУДНА

1.1 Загальні відомості і головні розміри судна

В даному підрозділі необхідно дати основні відомості про судно у вигляді таблиці, як приведено нижче.

Таблиця 1.1 – Основні відомості про судно

1.	Назва судна	CAPE ACE
2.	Тип судна	Bulk carrier
3.	Позивний сигнал судна	3FQT3
4.	ІМО №	9885051
5.	MMSI №	371225000
6.	Рік і місце будівництва	2020, Namura Shipbuilding, Японія, JAPAN
7.	Клас реєстру	NIPPON KAIJI KYOKAI (NKK)
8.	Порт приписки	Panama
9.	Судновласник:	MC SHIPPING JAPAN - TOKYO, JAPAN
10.	Менеджмент:	"K" LINE RORO BULK SHIP MGMT, JAPAN
11.	Довжина найбільша, (L):(м):	289,00
12.	Довжина між перпендикулярами, ($L_{\perp\perp}$): (м):	274,00
13.	Ширина найбільша, (B):(м):	45,00
14.	Висота борту до верхньої палуби, (H):(м):	24,5
15.	Найбільше осідання (T):(м):	$T_L=18,12$; $T_T=18,497$; $T_Z=17,743$;
16.	Осадка (T) в повному вантажу і порожньому: (м):	$T_{\max}=18,12$; $T_{\min}=2,775$
17.	Водотоннажність: в повному вантажу Δ : порожньому Δ_0 :	$\Delta:197779,5$ $\Delta_0:23683,7$
18.	Повна вантажопідйомність Δ_w :	174095,8
19.	Головний двигун: тип: потужність:	MAN B&W 6S70MC (MARK VI) 16860 KW
20.	Швидкість судна:	у вантажу – 14,0; у баласті – 14,5
21.	Гребний гвинт: кількість лопастей: діаметр та крок гвинта (мм): напрямок обертання:	1X4 BLADES, RIGHT HAND FIXED PITCH PROPELLER DIA 6450mm
22.	Тип руля и площа його пера:	напівбалансирний; 65m ²

Продовження таблиці 1.1

23.	Тип стернової машини:	Electro-Hydraulic				
24.	Режим роботи головного двигуна:		Engine Order	RPM	Speed loaded condition	Speed ballast condition
			FULL SEA AHEAD	116	11,0	12,0
			FULL AHEAD	92	10,5	11,5
			HALF AHEAD	74	7,9	9,1
			SLOW AHEAD	60	5,6	6,9
			DEAD SLOW AHEAD	52	3,8	5,1
			DEAD SLOW ASTERN	52		
			SLOW ASTERN	60		
			HALF ASTERN	74		
			FULL ASTERN	92		
26.	Валова регістрова місткість (GRT):	88930				
27.	Чиста регістрова місткість (NRT):	58083				
28.	Добова витрата палива: на ходу: Важке паливо (HFO) на стоянці: Дизельне паливо (DO)	на ходу: важке паливо(HFO) – 52 т/ доба; на стоянці: дизельне паливо(DO) – 3 т/ доба				

Склад суднової радіоапаратури відповідає вимогам району АЗ.

Таблиця 1.2 - Склад суднової радіоапаратури

№ з/п	Радіоапаратура	Функції	ВИРОБНИК	Модель	К-ть
1	УКВ	Радіотелефонія ЦИВ	JRC DEBEG SAILOR	NCE - 2211 3817 RT - 2048	4
2	ПВ/КВ	Радіотелефонія ЦИВ	FURUNO DEBEG	FD1562 - 25 3818	2
3	Портативна аварійна УКВ	Радіотелефонія	SAILOR	SP - 3110	3
4	Inmarsat - C	Телекс	SAILOR	H - 2095B H - 2095B	2
5	MINI M	Супут. телефон Інтернет(e - mail) Факс	NERA SHARP	MOBIQ UX - 104	1
6	SHIP SECURITY ALERT SYSTEM	Суднова система сигналізації про піратські атаки	SATA - MATICS	A008Y01	1
7	NAVTEX	Радіотелекс Прийом навіг.повідомлень	JRC	NCR-333	1
8	EPIRB	Сигнал лиха	SANGYUN ENC. CO.LTD	SEP - 406	1
9	SART	РЛС відповідач Зсм-діапазону	JORTON	TRON	2

1.2 Транспортно-експлуатаційні характеристики судна

В даному підрозділі приводимо схематичний план бокового вигляду судна з розташуванням приміщень для вантажів і запасів Рис.1.1.

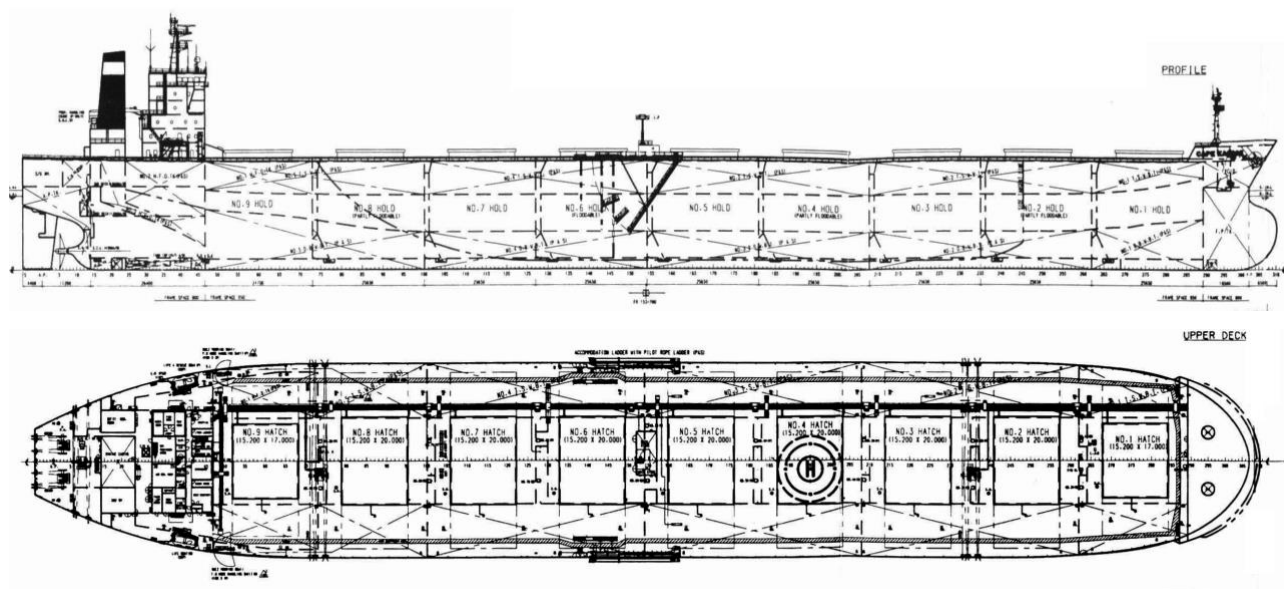


Рисунок 1.1 - Схематичне креслення судна

1.3 Маневрені характеристики

Дані по якірному ланцюгу, по роботі рульового пристрою, збільшення осадки, і так далі представлені на Рис. 1.2 складених згідно з рекомендаціями ІМО.

WHEELHOUSE POSTER

according to IMO Res. A. 601 (15)

Ship's name CAPE ACE
 Call sign 3FQT3
 Prepared by _____
 Date _____

SHIP'S PARTICULARS

Gross tonnage	88930 t
Net tonnage	58083 t
Displacement, maximum	197779,5 t
Deadweight, maximum	174095,8 t
Block coefficient at summer full load draught	0,84

Performance may differ from this record due to environmental, hull and loading conditions.

WARNING

The response of the ship "Mineral Triangle" may be different from the listed above if any of the following conditions, upon which the maneuvering information is based, are varied:
 (1) Calm weather- about 10 knots or less, calm sea;
 (2) No current;
 (3) Water depth twice the vessel's draft or greater;
 (4) Clean hull;
 (5) Intermediate drafts or unusual trim.

DRAUGHTS AT WHICH THE

MANOEUVRING DATA WERE OBTAINED

	Loaded	Ballast
	Trial/Estimated	Trial/Estimated
Forward	18,12	7,85
AR	18,12	8,45

STEERING PARTICULARS

Type of rudder(s)	SEMI-BALANCED
Maximum rudder angle	35,5 °
Time hard-over to hard-over with one power unit	28 s
Time hard-over to hard-over with two power units	16 s
Minimum speed to maintain course, propeller stopped	~2,5 kts
Rudder angle for neutral effect	35 ° port/starboard

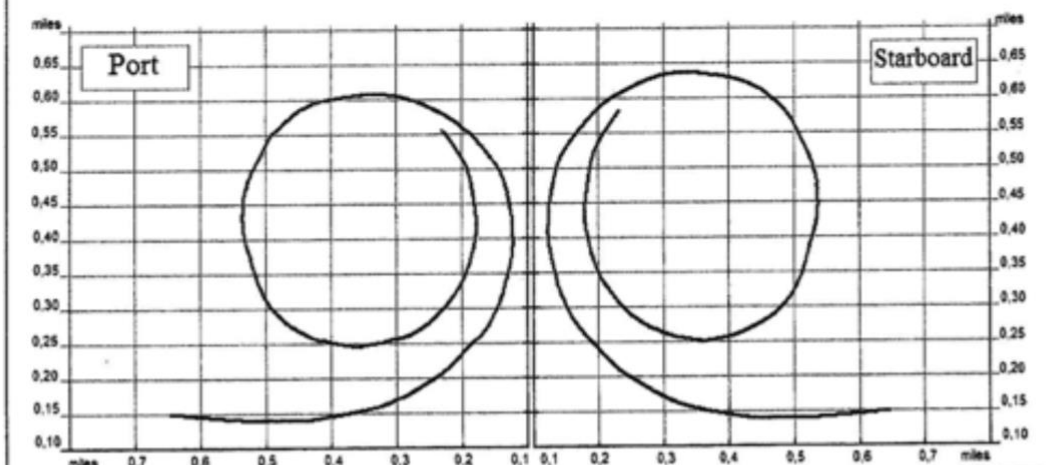
ANCHOR CHAIN

	Number of shackles	Max. rate of heaving (min/shackle)
Port	14	3,5 min
Starboard	13	3,5 min
Stern	N/A	---
1 shackle =	27,5 m = 15 fathoms	

DRAUGHT INCREASE (LOADED)

Estimated squat effect			Heel effect	
Under keel clearance	Ship's speed	Max. squat at bow / stern	Heel angle	Draught increase
4,0 m	14,0 kts	2,15 m	2°	0,655 m
	12,0 kts	1,22 m	4°	1,255 m
	10,0 kts	0,85 m	8°	2,513 m
m	kts	m	12°	3,513 m
	kts	m	16°	4,3 m

Manoeuvrability Test Turning angle at Full Speed



Crash-Stop Test/Inertia Test

Manoeuvring Course		Remarks:		Wheelhouse Poster	
Course 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60		AH - ahead AS - astern Position, speed measured by GPS.		according to IMO Res. A. 601 (15)	
Reading 20" 40" 1" 20" 40" 2"		CRASH - ST		Defined manoeuvre	
Output (kW)		10600		Reversal initiated after	
Propeller revolutions (RPM)		85		Engine starts to run on reverse direction after	
Initial ship's speed (kts)		13,7		Revolution at full AS	
Rudder angle (°)		0		Attained after	
Initial course (°)		180		Ship is inastern after	
		126		Final Course	
				Stop Time	
				Stop Way	

Рисунок 1.2 Wheelhouse Poster

1.4 Навігаційне обладнання

Дані усіх технічних засобів навігації (ТЗН) судна (електронавігаційні прилади і системи) представлені в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Технічні засоби навігації

Прилад Система	Тип Марка	К-ть
Магнітний компас	TOKIMEC SH-165A1	2
Гірокомпас(ГК)	TOKIMEC TG-8000	1
Радіолокатор(САРП)	JRC JMA 9932 6XA	2
Ехолот	JRC JFE - 582	1
Лаг	TOKIMEC TD-310	1
ПІ СНС	TRIMBLE NAVTRAC - XL / PHILIPS AP NAVIGATOR	2
DGPS	JRC JLR-7700MK2	2
ECDIS	TRANSAS NS-4000FD	2

Таблиця 1.4 - Точностні характеристики технічних засобів навігації

Тип марка ТЗН	Вимірювані навігаційні параметри	СКП	Модуль градієнта параметра
МК TOKIMEC SH-165A1	Пеленг	0,5°-1,5°	57,3°/Д
ГК TOKIMEC TG-8000	Пеленг	0,3°-0,5°	57,3°/Д
Радар САРП JRC JMA 9932 6XA	Пеленг	1,0°-1,5°	57,3°/Д
	Дистанція	0,1 кбт	1
	Дистанція	1 % від Д	1
	Дистанція	0,6 % від Д	1
Ехолот JRC JFE - 582	Глибина	0,2 м 1-1,5 % від Н	-
Лаг TOKIMEC TD-310	Швидкість	0,1 вуз	-

1.5 Забезпечення непотоплюваності

Для забезпечення непотоплюваності судна воно забезпечено подвійним дном.

Судно обладнане сім'ю водонепроникними відсіками.

Система осушіння є присутньою на судні в усіх трюмах, а також в машинному відділенні. Осушіння здійснюється двома насосами продуктивністю по 25мЗ, також можливе осушіння ежектором, один насос розташований в трюмах, другий в машинному відділенні. Вікатка льял робиться через сепаратор льяльних вод. Усі льяльні колодязі забезпечені сенсорними датчиками, з автоматичною видачею сигналу в ЦПУ і на місток. Льяльні води можуть відкочуватися за борт або накопичуватися у відстійному танку. Управління клапанами - гідравлічне, пульт дистанційного керування знаходиться в ЦПУ.

Баластна система служить для прийому, переміщення по судну і видалення за борт рідкого баласту. Баласт(забортна вода) приймається на судно для збільшення осідання при порожньому рейсі з метою поліпшення роботи грібних гвинтів, для вирівнювання крену або диферента, зміни остійності судна. Вага баласту, що приймається, доходить до 20% водотоннажності судна, а іноді і більше.

Як баластні місткості використовуються відсіки подвійного дна, форпик, ахтерпик і підпалубні цистерни.

Розташування баластних цистерн показане на головному кресленні судна.

РОЗДІЛ 2

АНАЛІЗ, ОЦІНКА ТА ПЛАНУВАННЯ НАВІГАЦІЙНОГО ПЕРЕХОДУ

2.1 Загальні вимоги до аналізу та плануванню 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»;
- Конвенція та кодекс з підготовки і дипломування моряків та несення вахти (STCW-78 з поправками), Розділ VIII;
- Резолюція ІМО А.893(21) – 1999 р. «Руководство по плануванню рейсу»;
- Рекомендації по організації штурманської служби на морських судах України – 1998 р.;
- Bridge Procedures Guide, 5th Edition, 2016;
- Bridge Team Management, 2nd Edition, 2004.

Існують чотири стадії планування безпечного переходу:

- I. Appraisal (Оцінка).
- II. Planning (Планування).
- III. Execution (Виконання).
- IV. Monitoring (Контроль).

Ці стадії повинні виконуватись одна за одною у порядку, викладеному вище.

2.2 Оцінка запланованого переходу

Приведемо конкретну інформацію, що відноситься до опрацьовуваного переходу, що відповідає етапу "Passage Plan Appraisal". Для цього проведемо підбір навігаційних і допоміжних карт, посібників і публікацій на заданий

перехід по Каталогю Адміралтейських карт і публікацій (Catalogue of Admiralty Charts and Publications) щорічно видаваних Гідрографією Великобританії.

Відомості про підібрані карти і книги зведені в таблиці 2.1 і 2.2.

Таблиця 2.1 – Перелік карт на перехід

Cell No.	Назва карти	Дата випуску
BR501502	Porto de Tubarao (Harbour)	Updated 2025
BR501501	Porto de Vitoria (Harbour)	Updated 2025
BR401500	Baia do Espirito Santo (Approach)	Updated 2025
BR323410	Cabo de Sao Tome to Vitoria	Updated 2025
GB104022	South Atlantic Ocean (General)	Updated 2025
GB104204	Walvis Bay to Maputo (General)	Updated 2025
ZA200020	South East Coast of South Africa	Updated 2025
ZA300160	Tugela River to Richards Bay	Updated 2025
ZA400160	Approaches to Richards Bay	Updated 2025
ZA500160	Richards Bay Harbour	Updated 2025

Таблиця 2.2 – Перелік публікацій на перехід

NP No	TITLE
SAILING DIRECTIONS	
3	Africa Pilot, Vol.3
2	Africa Pilot, Vol.2
5	South America Pilot, Vol.1
ADMIRALTY LIST OF LIGHTS AND FOG SIGNALS	
80	Western Side of South Atlantic Ocean and East Pacific Ocean
77	Eastern Atlantic Ocean, Western Indian Ocean and Arabian Sea
ADMIRALTY LIST OF RADIO SIGNALS	
281(1)	Part 1, Maritime Radio Stations: Europe, Africa and Asia
281(2)	Part 2, Maritime Radio Stations: The Americas, Far East and Oceania
283(1)	Part 1, Maritime Safety Information Services: Europe, Africa and Asia
283(2)	Part 2, Maritime Safety Information Services: The Americas, Far East and Oceania
284	Meteorological Observation Stations
285	Global Maritime Distress and Safety System (GMDSS)
286(3)	Part 3, Pilot Services, Vessel Traffic Services and Port Operations: Mediterranean and Africa
286(5)	Part 5, Pilot Services, Vessel Traffic Services and Port Operations: Americas and Antarctica
ADMIRALTY TIDE TABLES	
202	Europe (excluding UK and Ireland), Mediterranean Sea and Atlantic Ocean
203	Indian Ocean and South China Sea
ASTRONOMICAL PUBLICATIONS	
314-00	Nautical Almanac
303 (4)	Sight Reduction Forms (H.494)
323	Star Finder and Identifier
MISCELLANEOUS PUBLICATIONS	
100	The Mariners Handbook

136	Ocean Passages for the World
131	Catalogue of Admiralty Charts and Publications
735	IALA Maritime Buoyage System
5011	Symbols and Abbreviations used on Admiralty Charts, Edition 2
	Fairplay 2025 - World Shipping Encyclopedia
	Ports Guide 2025

2.2.1 Підготовка для прийому та обміну навігаційною інформацією на переході

Необхідно проаналізувати, описати та систематизувати навігаційну інформацію, що передається за допомогою GMDSS та факсимільних гідрометеорологічних карт.

За допомогою посібника ALRS 283 використовуємо інформацію щодо факсимільних карт погоди та зводимо її до таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 - Радіостанції факсимільних гідрометеорологічних передач

N з/п	Радіо станція	Позначення і межі карти	Зміст передачі	Час передачі
1	Cape Naval	1:20 000 000 FUXX; FSXX 0° 30°W; 0° 60°E 60°S 30°W; 60°S 60°E	FUXX: Upper Air Prognosis FSXX: Surface Prognosis	0630(12) 0730(12) 1100(00)
2	Rio de Janeiro	1:53 000 000 20°N 90°W; 20°N 20°E 70°S 90°W; 70°S 20°E	Surface Analysis Sea Surface Temperature	1745(12) 1830(12) 0745(00) 1745(00)

Для прийому текстової інформації про погоду - прогноз, аналіз, метеопопереджень, - зазвичай не підбирають спеціальних станцій, оскільки випуски NAVAREA і NAVTEX містять її в достатній кількості. З посібника ALRS 285 вибираємо інформацію про райони NAVAREA і станціях NAVTEX по маршруту переходу. Дані зводимо в таблицю 2.4.

Таблиця 2.4 - Райони NAVAREA, станції NAVTEX на переході

N з/п	Ділянка переходу	Район NAVAREA	Станції NAVTEX	Координатор NAVAREA
1	Африка	VII	Cape Town [C] Port Elizabeth [I]	South Africa
2	Южная Америка	IV	Curacao [H] San Juan [R]	USA

За допомогою посібника ALRS 286 визначаємо наявність по маршруту контрольних постів, районів, де здійснюється управління рухом суден постами СУРС (Reporting Areas), вирішуємо питання про зв'язок з контрольними станціями і постами - терміни, форми і способи подачі інформації. З'ясовуємо деталі зв'язку з лоцманськими станціями і операторами терміналів в портах. Отримані відомості зводимо в таблицю 2.5.

Таблиця 2.5 - Зв'язок на переході

№	Станція	Засіб зв'язку	Канали, частоти	Примітки
1	Richards Bay Pilots and Port VTs	VHF	16, 12 16; 11-14; 09	Approach, berthing, unberthing. Pilot on helicopter Proceeding
2	Vitoria Pilots and Port VTs	VHF	10; 11 12; 11;16; 68	Call sign, name of ship, Last/Next Port of Call, Cargo, RP

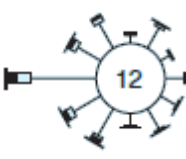
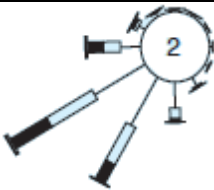
На підставі аналізу підібраних і відкоригованих матеріалів робимо висновок про те, що інформаційного забезпечення для безпечного плавання на переході досить.

2.2.2 Збір та аналіз гідрометеорологічної інформації

Аналіз гідрометеорологічних умов по маршруту плавання виконується за період (місяць) переходу, що проробляється. Для цього використовуються середні багаторічні дані, які наведені в Атласах океанів, кліматологічних, гідрографічних і океанографічних посібниках, Pilot Chart (Інтернет-сайт

www.passageweather.com). Для опису гідрометеорологічних умов необхідно перехід розбити на ділянки (три і більше) в залежності від відстані між портами. Необхідні данні вносимо в таблиці 2.6, 2.7.

Таблиця 2.6. - Атмосферний тиск і розшифровка «роз вітрів»

Характеристики за ділянками	Richards Bay			Atlantic Ocean			Vitoria		
Атмосферний тиск, гПа	1018			1014			1010		
Вітер									
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	18	4	2	1	-	-	4	-	-
NE	26	12	6	4	-	-	7	-	2
E	6	2	-	3	-	-	7	-	-
SE	7	-	-	4	-	-	14	-	-
S	13	4	-	2	-	-	25	1	-
SW	3	-	-	26	5	1	24	1	-
W	6	5	2	38	9	1	10	2	-
NW	20	8	2	22	7	1	5	-	-
Результуючий вітер	направлення, у румбах		NE	направлення, у румбах		W	направлення, у румбах		SW
	швидкість, м/с		6	швидкість, м/с		7	швидкість, м/с		6
Максимальна швидкість вітру, м/с	спостережена		12	спостережена		12	спостережена		7
	розрахункова		11	розрахункова		11	розрахункова		10
Повторюваність штилів, %	50			55			65		

Таблиця 2.7. - Видимість, водний і тепловий режими атмосфери, гідрологічні характеристики

Характеристики за ділянками		Richards Bay	Atlantic Ocean	Vitoria
Температура повітря, °C		29	27	32
Температура води, °C		26	24	27
Відносна вологість, %		83	78	82
Повторюваність туманів, %		1	1	1
Видимість менше 2 міль		-	-	1
Хмарність, бали		4	5	5
Солоність води, ‰		37	35	35
Щільність води, г/см ³ (або кг/м ³)		1,026	1.025	1.025
Постійні течії	назва	-		
	термодинамічна характеристика	тепле	тепле	тепле
	напрявлення	NW	E	SE
	швидкість, вузл.	1-2	1	1-2
	стійкість	50-75	50	50-75
Швидкість припливних течій, вузл.		0,5	0,5	1
Висота хвиль, м	середня	2	3	3
	максимальна	3	5	6
Період хвиль, с		5	7	7

2.2.3 Збір та аналіз навігаційної інформації при прибережному плаванні

Порт Річардс Бей (Richards Bay) розташований на Е узбережжі Південної Африки приблизно в 130 милях на N від Дурбана.

Загальний короткий огляд: На даний момент в порту є 21 причал, порт ділиться на 2 частини: чисті вантажні причали і вугільний термінал. Вугільний термінал може одночасно приймати до 4 суден.

В середньому в рік порт обробляє 90000000 тонн вантажу і приймає 1673 судна. Порт експортує вугілля в кількості 86000000 тонн.

Вантажна марка - річна

Максимальна глибина в порту 19 метрів.

Розрахунковий час прибуття в порт відправляється агентами за 48 годин до приходу судна в гавань, вся подається інформація підтверджується портової владі за 20 миль до входу в гавань.

При вході в порт необхідно підтримувати зв'язок з VTS центром на УКХ Ch 12, 16.

Фарватер в гавань Річардс Бей заглиблений до 24 метрів. Вхід в порт можна здійснювати по лінії створів 290 °. При вході в порт споруджені північний і південний хвилерізи, на краях яких встановлені вогні. Також в гавані порту споруджений хвилелом, проходячи який необхідно дотримуватися особливої обережності. У гавані є достатньо місця для маневрування і вільного розвороту суден.

Лоцманська проводка в порт обов'язкова. На борт судна висадка лоцмана здійснюється за допомогою вертольота.

У гавані порту на якір постановка заборонена. Гарне якірне місце знаходиться в 3-5 милях на SE від Південного хвилеріза, ґрунт пісок.

Помітні пункти: Головний вогонь (червона вежа) височить на відстані 0.65 милі до E від Південного хвилеріза, Маяк (чорна вежа) височить в 0.2 милях на SE від Північного хвилеріза, Вогонь Richards (28 ° 46.5'S 032 ° 07.7'E) (біла вежа висотою 11 метрів) височить в 3 милях від входу в гавань.

Берегова охорона: Пошук і рятувальні дії здійснюються в прибережній зоні від бухти Walvis Bay до кордону Maputo. SAR здійснює Національний Морський Рятувальний Інститут (NSRI).

У порту можна поплнено запази провізії і палива.

Порт оснащений великою площею для зберігання вантажів і їх перевалки.

У порту є досить пересувний і стаціонарної техніки для обробки будь-яких видів вантажів.

Необхідні документи на прихід / відхід:

1. Cargo stowage plan – 3 шт.

2. Cargo manifest – 8 шт.
3. Hatch list – 3 шт.
4. Hazardous and Dangerous Cargo declaration – 8 шт.
5. Crew List – 5 шт.
6. Passenger List – 5 шт.
7. Last port clearance – 1 шт.
8. Ship's Registry – 1 шт.

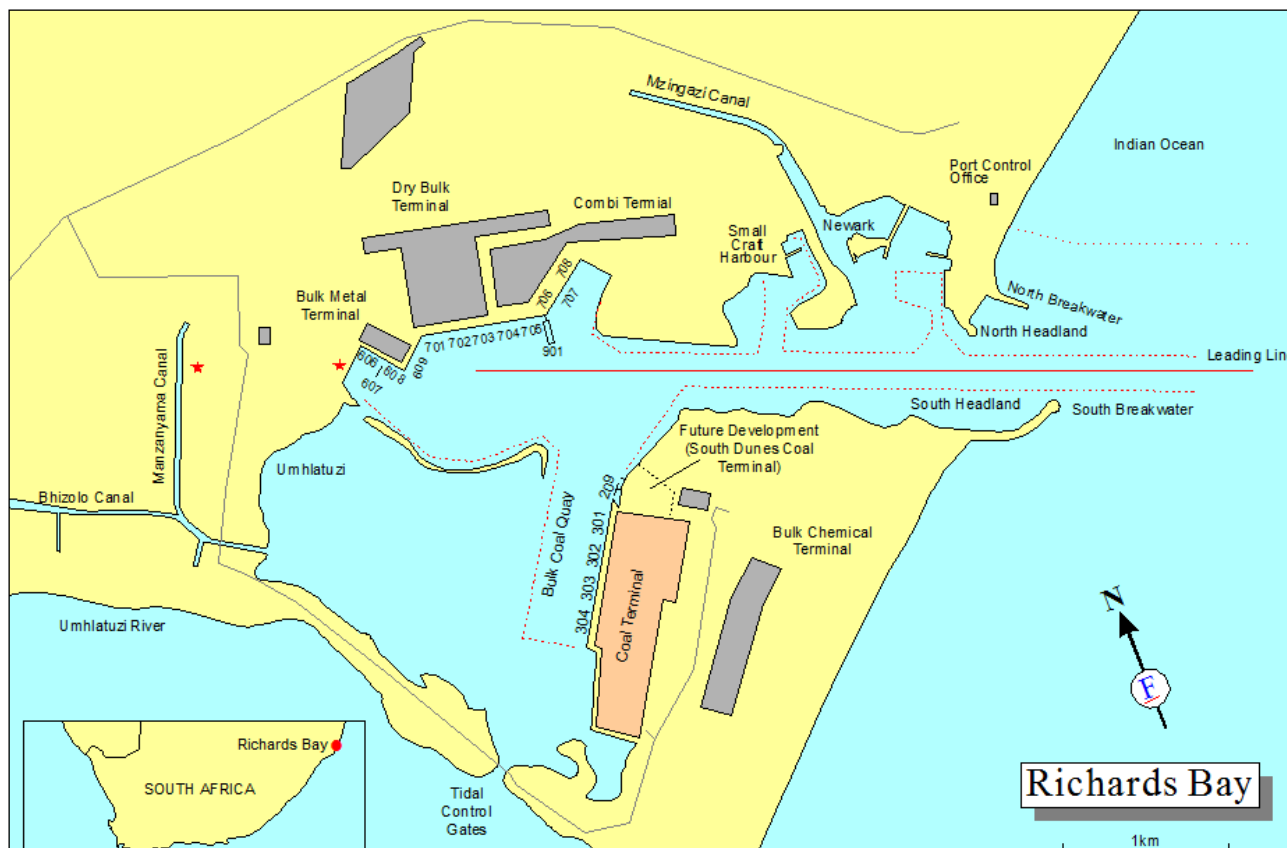


Рисунок 2.1 - План порту Richards Bay

Порт Віторія розташований на березі річки Санта Марта недалеко від порту Тубаро. Вхід в порт обмежений, але безпечний. Вхідний канал має протяжність 6,5 км. Порт обробляє наступні вантажі: залізна руда, навалочні та кіпові вантажі. Щорічно порт приймає близько 900 суден. Вантажна марка - тропічна.

Плановане прибуття судна в порт має повідомлятися агентам за 24 години до прибуття і виклик лоцманів за годину до приходу судна в лоцманську точку

Зв'язок УКВ: Port - 16; 12, 13; Pilot Vessel / Office - 16; 10, 12, 13, 14; Tugs - 13; Reporting System - 16; 11, 12, 68

Митниця. У порту є митні пости. Але необхідно врахувати, що бразильська влада вимогливі до кількості тютюну і алкоголю, ввезеними членами екіпажу в країну.

При вході в порт необхідно робити відповідні доповіді по Reporting Point, зазначеним на карті, так як вхід контролюється Обов'язковою системою поділу.

Кожне судно зобов'язане в порту піднімати бразильський прапор з 0800 ранку до заходу сонця.

Усі судна довжиною до 180 метрів можуть входити в порт як днем, так і вночі. Судна довжиною понад 205 метрів входять в порт тільки з використанням портових буксирів. Швидкість в каналі не більше 7 вузлів.

Межі порту відстоять на відстань в 1 милю по колу в море від головного вогню Ponta de Santa Luzia Light.

Вхідний канал вузький, його ширина 120 метрів. У порту місце для розвороту і маневру складає всього 330 метрів.

Лоцманська проводка в порт обов'язкова.

Зовнішня якірна стоянка розташована в 1 милі на SE від вогню Ponta de Santa Luzia (20 ° 19.5'S 040 ° 16.1'W). Глибини близько 20 метрів, ґрунт - глина і пісок.

Висота припливів в порту до 1,8 метрів. Щільність води в порту 1025.

У порту є причали для всіх типів суден. Порт має велику кількість кранів, а також мобільну техніку. Порт Віторія має велику площу для складування різних вантажів як на відкритому повітрі, так і в ангарах.

Документи на прихід \ відхід:

Crew List - 5 шт

Store List - 1 шт

Passanger List - 1шт

Cargo Manifest - 3 шт

Ballast Manifest - 2 шт

Health Declaration - 1 шт

Passenger in Transit - 1 шт

Bills of Ladings - 2 шт

Voyage Memorandum - 1 шт

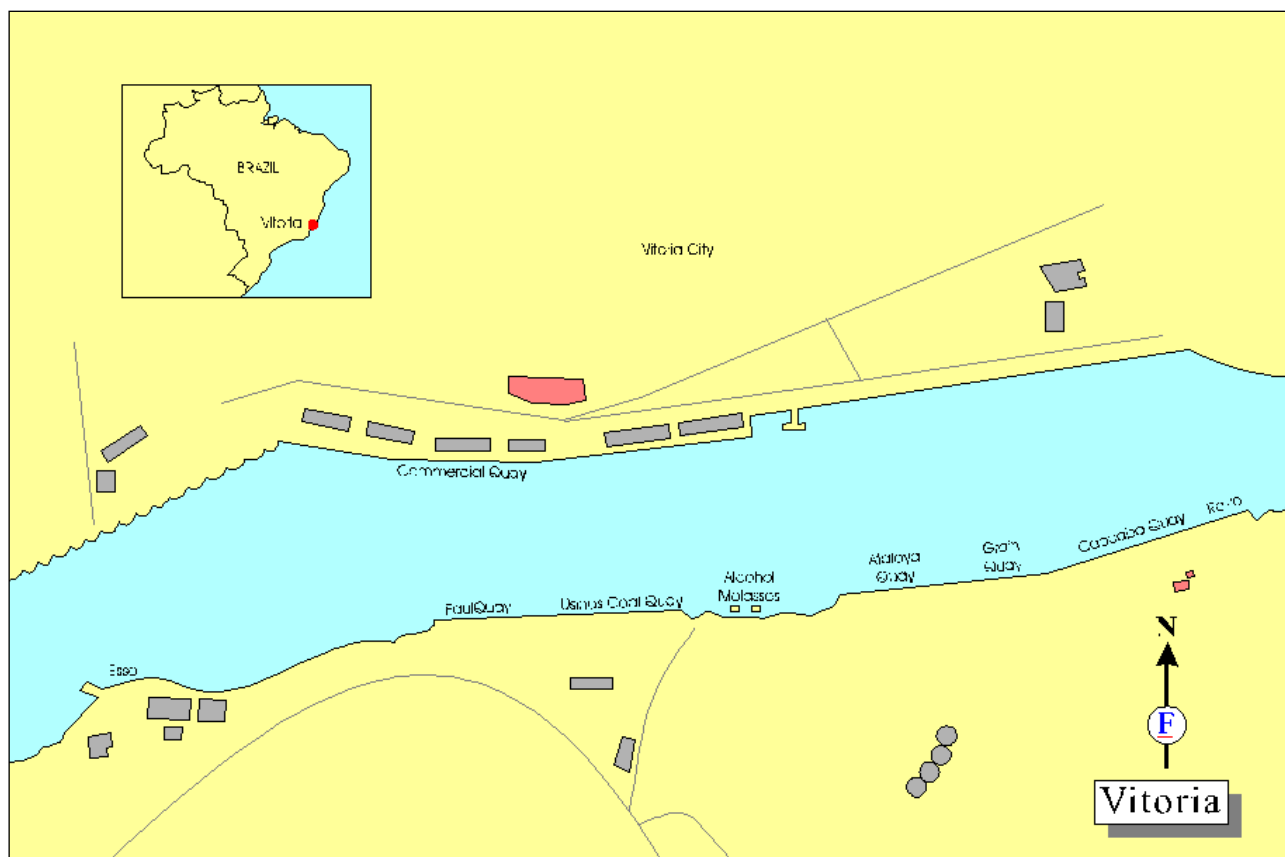


Рисунок 2.2 – План порту Vitoria

Таблиця 2.8 - Засоби навігаційного обладнання

N п/п	Назва	Координати φ(N) λ(E)	Дальність видимості, милі	Хар-ки
1	North Breakwater	28°48,2'S 32°05,8'E	6	Fl(2) 5s
2	Cape L'Agulhas	34°49,7'S 20°00,6'E	14	Fl 5s
3	Ponta de Santa Luzia	20°19,6'S 40°16,2'W	34	Fl(4) 12s

2.3 Навігаційні розрахунки для забезпечення безпеки плавання

2.3.1 Розрахунок ортодромії

Коли траса майбутнього плавання включає океанський перехід, вплив погоди і стан моря набувають особливо важливого і нерідко основного значення при виборі найвигідного шляху судна. При здійсненні такого вибору виникає потреба задовольнити найрізноманітніші запити : перехід має бути для судна безпечним, економічним, протікати у бажані терміни і за найбільш сприятливих зовнішніх умов, сприяючих підлягаючому зберіганню перевезенню вантажів, комфорту пасажирів і екіпажа, мінімальній витраті палива і мастильних матеріалів і т. д. Усі подібні умови перерахувати нелегко, але навіть якщо обмежуватися приведеними вище і вважати їх рівнозначними, то за певних умов погоди і стану моря взагалі неможливо буде знайти той шлях, наслідуючи які судно буде в змозі виконати поставлені завдання. Тому при виборі найвигідного шляху обмежуються завданням якого-небудь одного або декількох найбільш важливих для цього рейсу умов. Маршрут, що якнайкраще задовольняє таким умовам, називають оптимальним шляхом морського судна.

Керівництво «Океанські шляхи світу», Керівництво призначене для полегшення рішення задачі по виборі шляху морського судна між найбільш важливими пунктами Світового океану з урахуванням сезонних змін гідрометеорологічних умов плавання і експлуатаційних якостей судна. На переході генеральну карту укладають в окремий ящик. Суднові номери картам не привласнюють.

При виборі трансокеанського переходу необхідно розрахувати плавання по ортодромії. Існує декілька способів такого розрахунку, перший з них аналітичний.

Для того, щоб нанести ортодромію на Меркаторську проекцію, необхідно знати параметри ортодромії, а по них розрахувати координати проміжних точок.

Параметрами ортодромії є: λ_0 - довгота точки перетину з екватором, k_0 - курс в цій точці.

$$\operatorname{tg}\left(\frac{\lambda_n - \lambda_k}{2} - \lambda_0\right) = \operatorname{tg}\frac{\lambda_n - \lambda_k}{2} \times \sin(\varphi_n + \varphi_k) \times \operatorname{cosec}(\varphi_n - \varphi_k)$$

де: $(\lambda_n - \lambda_k)$ и $(\varphi_n + \varphi_k)$ - координати точок приходу і відходу.

Курс обчислюється за формулою:

$$\operatorname{ctg} k_0 = \operatorname{tg} \varphi_n \times \operatorname{cosec}(\lambda_n - \lambda_0)$$

Знаючи параметри, розрахунок проміжних точок ортодромії можна виконати таким чином: оскільки в нашому випадку ортодромія близька у напрямку до паралелі, то доцільно задавати довготи проміжних точок через 10° і розраховувати їх широти по формулі:

$$\operatorname{tg} i = \sin(\lambda_i - \lambda_0) \times \operatorname{ctg} k_0$$

Другий спосіб розрахунку плавання по ортодромії полягає в наступному: використовуються карти гномонічної проєкції (штурманський спосіб). Вони дозволяють прокласти курс між початковою і кінцевою точками шляху, а також визначити початкові курси для плавання через інтервали відповідні різниці довгот 5 і 20° .

У третьому випадку, використовуючи ортодромічну поправку, плавання по ортодромії замінити плаванням по хордах завдовжки 200-300 миль, а координати точок повороту розрахувати по формулах письмового числення.

При розробці плану переходу доцільно розрахувати плавання по ДБК:

$$\varphi_n = 35^\circ 03' S;$$

$$\varphi_k = 20^\circ 19' S$$

$$\lambda_n = 19^\circ 33' E;$$

$$\lambda_k = 40^\circ 13' W$$

Розраховують локсодромічний курс:

$$\operatorname{tg} k_{\text{л}} = \frac{PД}{PМЧ}$$

Обчислюють довжину локсодромії:

$$S_{\text{л}} = PШ \times \sec k_{\text{л}} .$$

Таблиця 2.9 - Розрахунок локсодромії

φк	20°19'S	λк	40°13'W	РМЧ	1003
φн	35°03'S	λн	19°33'E	К	285°
РШ	884	РД	-3586	S	3283

$$\cos D = \sin \varphi_1 \times \sin \varphi_2 + \cos \varphi_1 \times \cos \varphi_2 \times \cos PD$$

$$D = 3248 \text{ мили}$$

$$\Delta S = S_{\lambda} - D = 3283 - 3248 = 35 \text{ миль}$$

Плавання по ортодромії вигідне, але ж воно буде проходити біля мілини та острову Тристан. Враховуючи ці особливості обираємо плавання по локсодромії

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.

[illegible]

Рисунок 2.3 Маршрутний лист

2.3.3 Графічний план переходу

Результати навігаційного планування переходу оформляють у вигляді графічного плану переходу. На графічному плані наноситься наступна інформація: курс судна (ортодромія чи локсодромія), назви портів відходу/заходу, основні течії, рози вітрів.

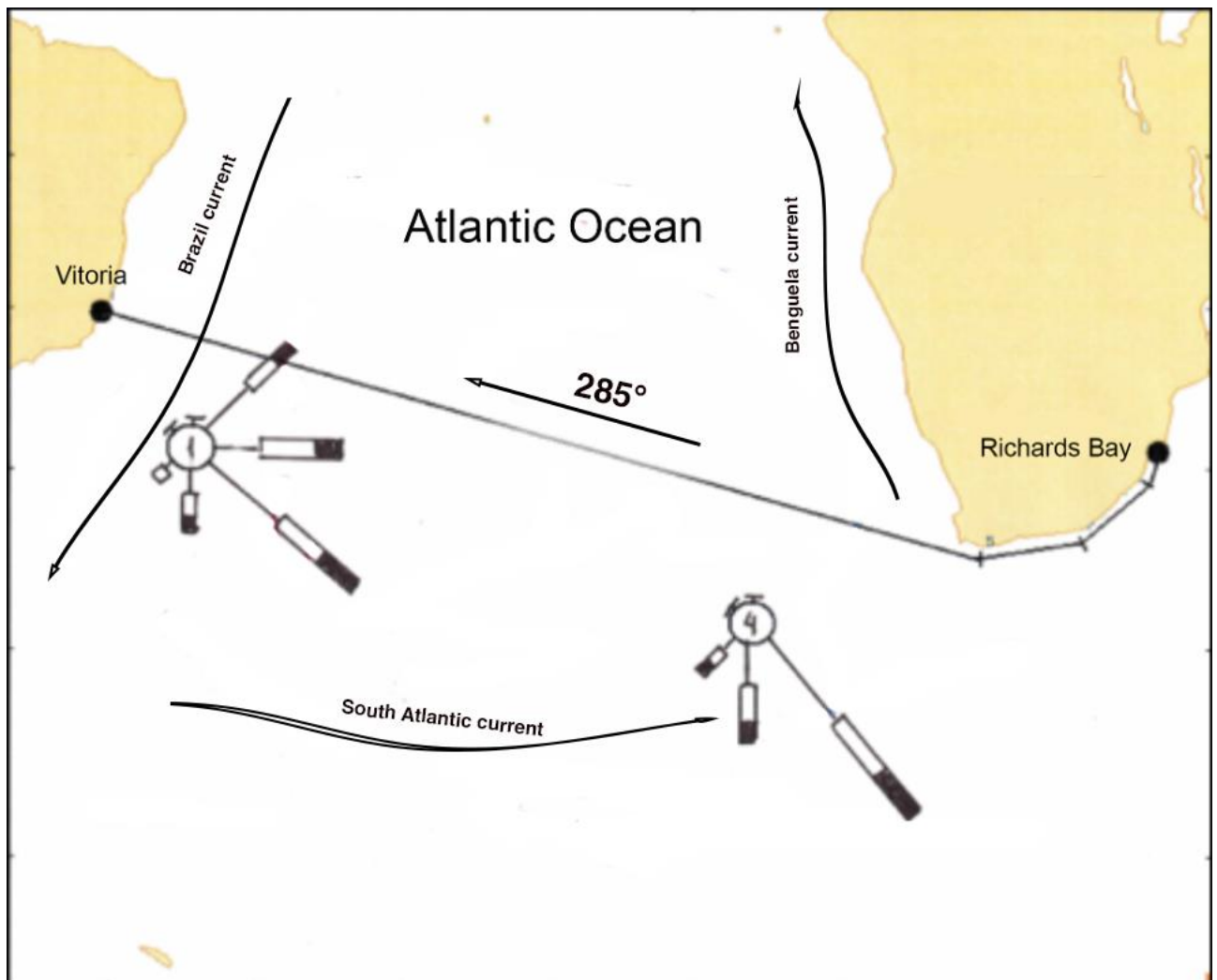


Рисунок 2.4 – Графічний план переходу

2.3.4 Розрахунок природної освітленості

Розрахунки освітленості виконують двома послідовними наближеннями:

- за широтою φ і датою запланованого плавання виберемо з Nautical Almanac 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 φ і λ місця судна.

Далі розраховуються по Nautical Almanac 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 φ і схиленню Сонця δ на моменти його сходу і заходу по формулі **tg A** розрахуємо азимути Сонця (Z) при сході і заході, які також внесемо до таблиці 2.12.

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

Місцевий час явища переводять у Грінвічний:

$\text{GMT} = \text{Correct LMT} \pm \text{Longitude}$.

Грінвічний час явища переводять в судновий:

$\text{ZT} = \text{GMT} \pm \text{ZD}$.

У таблиці 2.10 приведено елементи освітленості на початок, середину та кінець рейсу.

Таблиця 2.10 – Елементи освітленості

Таблиця 2.10 – Елементи об'єкту									
Дата	ННС	Сонце				КНС	Луна		
		Схід		Захід			Схід Тс	Вік, дни	Захід Тс
		Тс	А	Тс	А				
02/09	05.11	06.02	81	17.54	279	18.47	13.00	7	23.32
07/09	05.02	05.53	83	17.42	276	18.33	16.15	12	03.36
14/09	04.50	05.38	86	17.35	273	18.23	22.18	19	10.06

2.3.5 Розрахунок висот приливів та побудова графіків приливів

Під приливними явищами у Світовому океані розуміють динамічні і фізико-хімічні процеси у водах морів і океанів, викликані приливообразуючими силами. Приливами називають приливні коливання рівня моря — висота поверхні моря, вільна від впливу вітрових хвиль і брижів і вимірюваною відносно умовного горизонту(нуль урівненого поста).

Рівень моря в цей фізичний момент називають миттєвим рівнем моря. Найнижчий рівень моря, що спостерігався в цьому місці за певний інтервал часу,

називають мінімальним рівнем моря, а найвищий — максимальним рівнем моря. Величина, отримана в результаті усереднювання спостережуваних значень рівня за певний інтервал часу, називається середнім рівнем моря (СРМ). Вірогідність того, що рівень моря рівний або перевищує задане значення, називається забезпеченістю рівня моря. Рівень моря заданої забезпеченості є розрахунковим, рівень моря.

Різниця між найбільшим і найменшим значеннями рівня моря за певний інтервал часу, наприклад за добу, називається величиною коливання рівня моря, що нерідко невірно називається як амплітуда коливань рівня моря.

У будь-якому пункті Землі рівень моря постійно змінюється. Причини впускених коливань можуть бути короткочасними і позовними. Останні обумовлюються, головним чином, підйомами і опусканнями суші; вони незначні за величиною і прямого стосунку до безпеки мореплавання не мають. Короткочасні коливання рівня моря можуть носити регулярний(періодичний) і випадковий(неперіодичний) характер. Регулярні коливання рівня викликаються: приливообразуючими силами Місяця і Сонця(приливні коливання); вітрами, що періодично змінюються; річним ходом опадів; випаром; стоком континентальних вод(сезонні коливання) та ін. Випадкові коливання рівня відбуваються під впливом вітру, що неперіодично змінюється, від різкої зміни атмосферного тиску. Загальна характеристика приливних явищ для усього переходу описана вище. У цьому підпункті приведені дати і час висот повних і малих вод на дати і порти відходу і приходу. Нижче представлена таблиця повних і малих вод для вказаних портів на дати відходу і приходу.

Таблиця 2.11 - Час настання повних і малих вод

Richards Bay				Vitoria			
02/09		02/09		14/09		14/09	
Тп	hп	Тп	hп	Тп	hп	Тп	hп
08:47	1.5	21:44	1.4	02:43	1.3	15.12	1.3
Тм	hм	Тм	hм	Тм	hм	Тм	hм
02:31	0.7	15:12	0.8	08:56	0.1	21.04	0.2

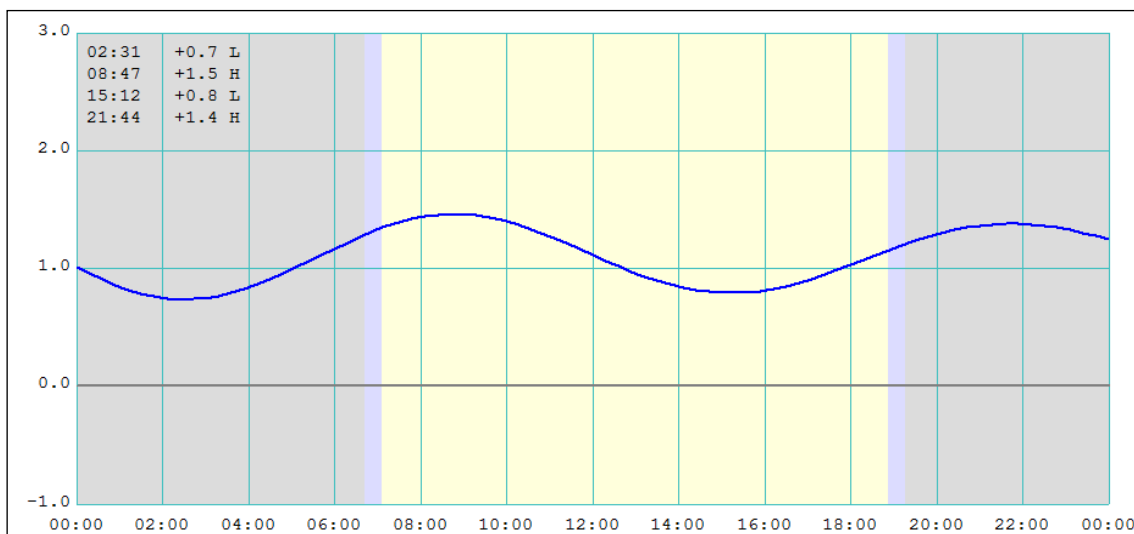


Рисунок 2.5 - Графік настання повних і малих вод для порту Richards Bay

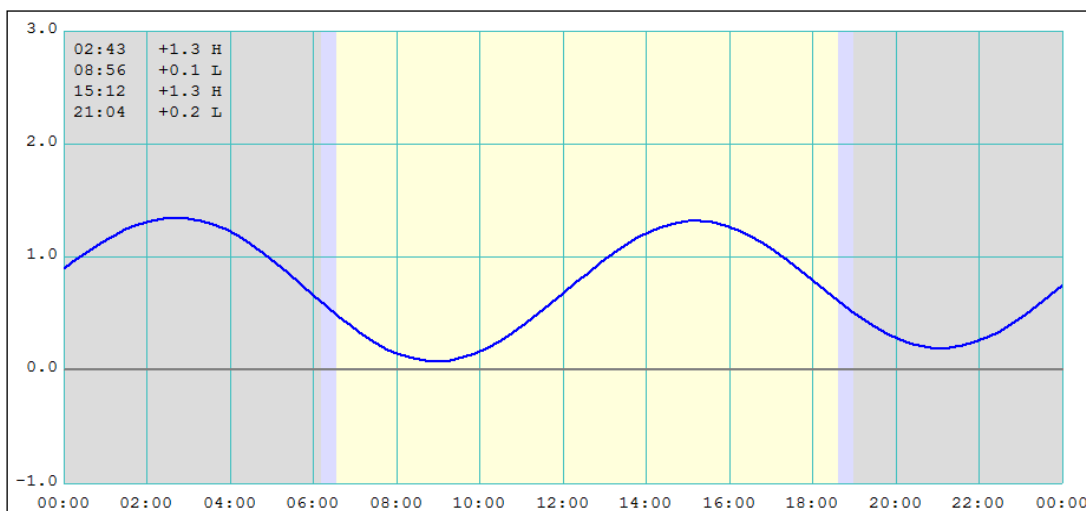


Рисунок 2.6 - Графік настання повних і малих вод для порту

2.4 Висновки

У процесі опрацювання навігаційного переходу були обрані безпечні курси плавання відповідно до пори року. Загальна протяжність переходу склала При плаванні поблизу берегів найбільш точними способами визначення місця судна є визначення за допомогою РЛС, візуально, а так само комбінованим способом. Резервний спосіб обсервації - GPS і астрономічний.

Запропонований шлях судна є економічним і безпечним з точки зору навігації маршрутом для даного переходу.

РОЗДІЛ 3

ОБРОБКА І РОЗМІЩЕННЯ ВАНТАЖУ

3.1. Транспортні характеристики вантажів

Важливим етапом підготовки до розрахунку вантажного плану є детальне вивчення транспортних характеристик і властивостей вантажів, правильний облік яких сприяє забезпеченню безпеки плавання суден, своєчасної і обережної їх доставці.

Перед навантаженням трюму повинні бути повністю підготовлені відповідним чином.

Вугілля - надзвичайно гігроскопічний вантаж, схильний до самозігрівання і самозаймання, підвищена температура і вологовміст активізує ці процеси.

Як вантаж до перевезення пред'явлене кам'яне вугілля. Вантаж не небезпечний щодо зміщення (кут природного укосу 35-45°).

Вугілля - карбонова речовина, що формується при біохімічному розпаді рослинних матеріалів протягом мільйонів років. Як побічний продукт процесу вуглефікації, формуються великі об'єми газів, включаючи карбон двооксид і метан. Метан - найбільш загальновідомий небезпечний газ, що найчастіше зустрічається у вугільних шахтах. Він є безбарвним, без запаху, без смаку, нетоксичний, легкозаймистий й легше за повітря.

Після завантаження вугілля в трюми, у ньому залишається газ, але відносно менше ніж у момент видобутку, але він все-таки таки продовжує виділяти метан.

Метан, перемішавшись із повітрям, може утворювати вибухонебезпечну суміш. Вибухонебезпечна концентрація метану в повітрі становить 5-15% усього об'єму. В іншому випадку суміш газу з повітря не вибухне, тому концентрація метану повинна триматися на оцінці значно менше за 5% або значно більше за 15%.

При значно більших концентраціях суміш не тільки вибухобезпечна але й не займиста без додаткового додання кисню. Багата на паливо суміш все-таки може спалахнути, якщо буде мати місце доступ повітря, тому за нею необхідний постійний контроль. У більшості випадків вміст концентрації нижче 5%-го рівня може бути достатнім для безпечного перевезення. Однак існують випадки при яких бажано перевозити вугілля з концентрацією метану вище за 15%.

Суміш метану з повітрям може запалитися по різних причинах, але найпоширеніша із всіх це наявність джерела тепла. Температура необхідна для запалення суміші становить 650°C-750°C. Джерела запалення включаючи матеріали, що димлять, відкритий вогонь, електричні або іскри вироблювані ударом каменів або інструментів або при зварюванні. Особливо небезпечні іскри від ударів алюмінієвими приладами по іржавій поверхні.

Вимоги до безпеки судна під час перевезення вугілля наступні: перевозити вугілля можуть всі типи морських суден, а також судна типу «ріка-море», яким це дозволено їх конструктивними особливостями; технічний стан трюмів, в яких перевозиться вантаж, повинен виключати проникнення води через них; судну необхідно мати інформацію про остійність, відповідно до якої складається вантажний план.

Вимоги до безпеки вантажного плану і вантажних робіт включають в себе загальні рекомендації ІМО 1990 року і інформацію про остійність. Рекомендується перевозити подібний вантаж тільки в трюмах. Завантаження в трюму повинна проводитися відповідно до типового вантажним планом навантаження судна. Частина вантажу, що була вирівняна наскільки це можливо повинна бути зміщена більш полого до бортів трюму і більш круто до перебірках трюму. Після навантаження судно не повинно мати крену. Очевидно, що маса вантажу в трюмах і твиндеках не повинна перевищувати гранично допустимих навантажень на відповідні палуби. При навантаженні судна кількість вантажу, висота і форма маси вантажу в кожному трюмі, остійність судна, осадка на краях і на міделі повинні бути відображені в судовому журналі.

Вантажні операції під час дощу повинні бути припинені і кришки трюмів повинні бути закриті.

Заходи щодо забезпечення безпеки обробки і транспортування вантажу наступні: вантаж, на якій видано декларація компетентною організацією, може бути прийнятий до навантаження; повинні бути взяті проби вантажу для визначення реальної вологості, кута природного укусу, питомої навантажувального обсягу вантажу та інших особливостей, щоб порівняти їх з даними сертифіката на вантаж, який видається вантажоодержувачу перед завантаженням.

Під час перевезення вугілля слід ретельно стежити за рівнем кисню і метану, що виділяється в трюмах. При перевезенні слід керуватися Правилами з перевезення небезпечних вантажів.

Вугілля відноситься до небезпечних навалочним вантажам (клас 4, підклас 4.2). Вантаж заявлений як слабоспільне (марка CC); за розміром відповідає класу «0» (горіх з розмірами частинок від 25 до 50 мм), вологість 4%, кут природного укусу 36°. Вантаж схильний до пилоутворення, самонагрівання, виділяє метан, слабо поглинає кисень, не корозійнонебезпечен. Температура самонагрівання - 85°C, воспламеніння - 319°C, самовоспламеніння - 450°C. Зволоження вантажу прискорює процес самонагрівання.

Протягом вантажних робіт вентиляційні системи по можливості повинні бути вимкнені або обладнані відповідними фільтрами, а система кондиціонування повітря повинна забезпечувати мінімальне проникнення пилу в житлові та інші приміщення судна.

Вантажні приміщення при перевезенні необхідно вентилювати щодня для видалення вибухонебезпечних газів, після чого проводиться контроль газового складу атмосфери трюмів (концентрація метану повинна бути менше 0,75% за обсягом). Контроль газового складу атмосфери вантажних приміщень також повинен проводитися перед відкриттям трюмів, перед входом людей в закриті трюму і щодня при перевищує допустиму концентрацію метану. Вхід в закриті вантажні приміщення дозволяється після попередньої вентиляції на протязі 2-х

годин. Заборонено проникати в закриті вантажні приміщення, де зберігатися вугілля, без попереднього визначення концентрації кисню в них. Прийнятний межа вмісту кисню становить 21%. Кожну вахту повинен проводитися контроль температури вантажу у вантажних приміщеннях. При надмірному підвищенні температури в трюмах виконуються наступні заходи:

- Припинення доступу повітря в трюм;
- Застосування вуглекислотної нейтралізації;
- Перетяжка верхнього шару вантажу і його видалення;
- Піногасіння для локалізації вогнища;
- Водогасіння контактними струменями;
- Затоплення трюму (тільки біля причалу або в закритій акваторії).

Навантаження вантажу припиняється і люки трюмів закриваються при випаданні тривалих, інтенсивних опадів.

Зачисні роботи можна проводити при вмістом пилу менше 4 мг / куб.м. при проведенні зачисних робіт повинні використовуватися респіратори, комбінезони, рукавиці, захисні окуляри, черевики або чоботи. роботи в закритих вантажних приміщеннях при пожежі повинні виконуватися в повітро-ізолюючих засобах захисту органів дихання, використання кисневих дихальних апаратів забороняється. перед виконанням зачисних робіт рекомендується відкриті ділянки шкіри захистити пастою.

Вантаж не є морським забруднювачем і не представляє загрози навколишньому середовищу.

Основні транспортні характеристики вантажів, що перевозяться представимо в табличній формі.

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 укосу, °С	Номер ООН	Клас	Знак маркування	Категорія розміщення і обробки	Аварійні дії (аварійна карта)	Порт навантаження	Порт вивантаження
Вугілля	A,B	1,16	36	1361	4.2		Категорія А	F-A, S-J	30000	25000

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

Номенклатура, властивості вантажів, характеристики вантажних приміщень і умови майбутнього рейсу визначають підготовку судна.

Усі вантажні пристрої судна повинні бути цілком підготовлені до приймання вантажу, обумовленого в договорі морського перевезення.

Взаємна інформація судна і порту призначення про час прибуття і про вантаж дозволить скоротити стоянку судна в порту і вчасно підготувати вантажні пристрої судна і причал порту до вантажних операцій.

У попередній інформації Капітан повинний подати відомості про осадку судна, кількість вантажу і розподіл його по трюмах або танкам, наявності палубного вантажу або великовагових вантажів із указівкою їхньої маси, найменування вантажоодержувачів, справності суднових перевантажувальних засобів, а також про всі потреби судна в паливі, воді, продуктах, необхідному ремонті й інших потребах судна, задоволення яких входить в обов'язки порту.

Приведення трюмів, у відповідний для даного вантажу стан починається з очищення залишків раніше перевезеного вантажу, видалення сепараційного і

прокладочного матеріалів, збирання сміття. Далі підготовка ведеться в залежності від особливостей вантажу, підготовленого до перевезення.

Трюмні ляля необхідно розкривати й очищати після кожного вивантаження, тому що в них збирається вода, що стікає з трюмів і містить домішки вантажів, що можуть розкладатися.

До огляду і перевірки вантажних приміщень палубна команда судна робить відповідні роботи в залежності від роду вантажу і його особливих властивостей.

Особливу увагу при підготовці до прийому будь-якого роду вантажу необхідно приділяти надійності водовідливної і протипожежної систем, які варто перевіряти в дії.

Нещільно закриті кришки горловин подвійного дна нерідко були причиною псування або повної втрати вантажів. Якщо при підготовці трюму виникла необхідність розкриття горловин паливних, баластових танків або танків із прісною водою, потрібно по закінченні робіт задраїти їх і оглянути щільність прилягання кришок до горловин, переконатися в правильній установці прокладок і наявності гайок.

По закінченні підготовки судна до вантажних робіт капітан подає на ім'я начальника порту чи на адресу відправника вантажу Повідомлення капітана, яким він формально фіксує фактичну готовність судна до навантаження. У Повідомленні капітана повідомляють про дату, час готовності судна до прийому (здачі) вантажу через відповідні люки трюмів, вантажопідйомності суднових вантажних засобів, часу прийому палива і води й інші потреби судна.

До початку вантажних операцій факт готовності вантажних приміщень оформляють актом.

Перевезення вантажів морським транспортом здійснюється на основі договору морського перевезення, що має наступні основні форми: чартер, коносамент, букінг-нот, берс-нот і фіксчур-нот.

Договором морського перевезення вантажів у трамповому судноплавстві є чартер (charter party), у лінійному - коносамент (Bill of Lading).

Договір морського перевезення вантажу повинен укладатися в письмовій формі.

Наявність і зміст договору морського перевезення можуть підтверджуватися чартером, коносаментом або іншими письмовими доказами.

При перевезеннях по чартеру для розміщення вантажу надається судно цілком або його певна частина. Цю форму договору застосовують при перевезеннях масових вантажів, постачання яких здійснюються пароплавними партіями, наливних, навалювальних і лісових.

У чартері детально обмовляють зміст договору і взаємні зобов'язання сторін: найменування і техніко-експлуатаційні характеристики судна, рід вантажу, його транспортні особливості і кількість, порти навантаження і вивантаження, терміни готовності судна під навантаження, фрахт, порядок розрахунку сталійного часу і т.д. Умови чартеру узгоджують фрахтувальник і перевізник, при цьому вони є обов'язковими тільки для партнерів і тільки на період даної угоди. На практиці для оформлення договору використовують типові проформи чартерів. В даний час нараховується понад 400 проформ чартерів, що охоплюють всі основні вантажопотоки масових вантажів.

Як договір морського перевезення при відправленнях мілкопартійних генеральних вантажів у лінійному суднопластві використовують Коносамент. На відміну від чартеру умови лінійного коносамента розробляє судноплавна компанія (конференція) односторонньо, без узгодження з вантажовласниками, і вони є єдиними для усіх відправників і діють протягом тривалого часу.

Важливою особливістю перевезень по коносаменту являється те, що лінійні компанії, як правило, приймають вантаж до перевезення завчасно до підходу судна (забезпечують його збереження на своїх складах, виконують комплектацію судових партій і підготовку вантажних документів). Навантаження-вивантаження оплачується судновласником і організуються на причалах лінії.

Коносамент - це документ стандартної форми, прийнятої в міжнародній практиці, на перевезення вантажу, який засвідчує його завантаження, перевезення і право на отримання.

Коносамент використовується при перевезенні вантажів у міжнародному сполученні та являє собою цінний папір, що засвідчує право володіння вантажем, що перевозиться, товаром.

Форми коносамента:

- на пред'явника, тобто пред'явник коносамента є власником вантажу;
- іменний, тобто власником вантажу є особа, поійменоване в коносаменті; іменний коносамент не підлягає передачі іншій особі;
- ордерний, тобто передача коносамента від однієї особи до іншого здійснюється за допомогою передавального напису на ньому - індосаменту; це найпоширеніша форма коносамента.

До коносаменту обов'язково додається страховий поліс на вантаж. Коносамент може супроводжуватися різними додатковими документами, необхідними для перевезення вантажу, його зберігання та збереження, для проходження митних процедур тощо Коносамент є документом, в якому ніякі зміни неможливі. Основні реквізити коносамента:

- найменування судна;
- найменування фірми-перевізника;
- місце прийому вантажу;
- найменування відправника вантажу;
- найменування одержувача вантажу;
- найменування вантажу та його головні характеристики;
- час і місце видачі коносамента;
- підпис капітана судна.

Штурманська розписка є посвідченням судновласника в прийнятті товару до перевезення. Випишує цей документ помічник капітана в підтвердження одержання конкретної партії на борт судна. Розписка описує видимий стан товарів і дозволяє перевізникові видати коносамент. У ній відображаються

результати перевірки, проведеної контролерами судновласника при прийомі товару для навантаження або під час навантаження. Це не товаророзпорядчий документ. На прохання відправника він може бути замінений коносаментом.

Чартерний (фрахтовий) коносамент - документ, у який інкорпорується шляхом посилення окремі з умов чартер-партії для того, щоб вони могли мати ефект для вантажоодержувача або індосата коносаменту. Але коносамент, виданий по чартеру, що не містить у собі умови чартеру за договором з одержувачем вантажу або індосатом, не є фрахтовим коносаментом.

Делівері-ордер (частковий коносамент) - товаророзпорядчий документ, який видається перевізником або вантажоодержувачем з підтвердженням капітаном судна. Використовується у випадку продажу вантажоодержувачем товару до того, як він прийняв доставку. Товар може бути куплений різними покупцями, на кожний з них виписується делівері-ордер на відповідну частину товару.

Таймшит - документ - відомість урахування стоян очного часу судна (стадійного часу), передбаченого чартером на проведення вантажних операцій. Він складається в кожному порту навантаження і вивантаження судна, підписується капітаном і представником фрахтувальника. Служить підставою для розрахунку по диспачу і демереджу. У тайм шиті фіксуються усі виробничі операції і непродуктивні простої за час стоянки судна в порту. У ньому вказуються: найменування порту і судна; дата і час прибуття судна і вручення нотису про готовність до навантаження (вивантаження); дата і час фактичного початку і закінчення вантажних робіт; тривалість і причини перерв у роботі; норма вантажних робіт з чартеру.

Морська накладна (лінійна накладна, океанська накладна) - документ, що підтверджує наявність договору перевезення вантажу морським шляхом і прийняття або навантаження вантажу перевізником і по якому перевізник зобов'язується доставити вантаж вантажоодержувачеві, зазначеному в документі. Накладна не являється ні оборотним, ні товаророзпорядчим

документом, вантаж видається зазначеному в ній вантажоодержувачеві. До накладної додаються необхідні товаросупроводжувальні документи.

Комерційний акт - документ, складений перевізником, або його представником, що засвідчує факт нестачі, псування або ушкодження вантажу при його видачі одержувачеві в пункті призначення. Він фіксує розмір, характер і причини несорності вантажу і є підставою для покладання за неї матеріальної відповідальності на перевізника.

Маніфест— список вантажів, прийнятих на судно, що складають роздільно для кожного порту призначення на основі зведень, зазначених у коносаменті. Він оформляється для митниці. По кожній партії вантажів у маніфесті наводять наступні дані: номер коносаменту, маркірування і кількість вантажних місць, рід вантажу, його масу й об'єм, найменування відправника й одержувача, загальну суму нарахованого фрахту і фрахт, оплачений відправником.

Виконавчий вантажний план складається за результатами навантаження судна і містить загальний розподіл вантажу по вантажних приміщеннях і на верхній палубі.

Люкові записки складаються роздільно по кожному трюму і містять перелік усіх коносаментних партій, розміщених у даному відсіку в порядку черговості їх вивантаження. Їх виписує вантажний помічник капітана на основі виконавчого вантажного плану і коносаментів.

При здачі вантажів доводиться зіштовхуватися з різноманітними порядками й умовами, що визначаються як національним законодавством у різних країнах, так і місцевими правилами і звичаями, що діють в окремих портах.

При будь-якому діючому в даному порту порядку прийому вантажів, що доставляються судном, капітан повинний заручитися тим або іншим документом, що підтверджує доставку вантажу.

Класичним способом остаточного документального підтвердження видачі судном вантажу одержувачеві є розписка останнього на оригіналі коносаменту або хоча б на капітанській копії коносаменту. Або видається капітанові

особливий документ - Autturnreport, або сертифікат. Ця розписка незалежно від найменування і форми повинна констатувати результати здачі вантажу судном роздільно по кожній коносаментній партії.

Правила прийому-здачі вантажу при перевезеннях між портами можуть здійснюватися також на основі проформ чартеру і коносамента, невідомих раніше капітанові, що можуть містити специфічні застереження й умови в частині організації прийому-здачі вантажу, відповідальності судна і т.п.

3.3. Розрахунок чистої вантажопідйомності судна.

Повна розрахункова водотоннажність судна Δ_p , яке служить вихідною величиною при визначенні його чистої вантажопідйомності $\Delta_{\text{ч}}$ на рейс, залежить від вантажних марок в портах вантаження і вивантаження і вантажних марок і обмежень опади на трасі переходу.

Для визначення Δ_p необхідно по карті зон і сезонних районів визначити діючі вантажні марки відповідно до пори року.

Перехід Richards Bay- Vitoria починається в зоні дії літньої вантажної марки і закінчується в зоні дії тропічної вантажної марки без обмежень по осаді. За розрахункову водотоннажність приймаємо, встановлену для зони дії літньої вантажної марки.

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

$$\Delta_p = 197779,5 \text{ т.}$$

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

$$\Delta_w = \Delta_p - \Delta_0,$$

де Δ_0 - водотоннажність судна порожнього, т.

$$\Delta_w = 197779,5 - 23683,7 = 174095,8 \text{ т}$$

Ходовий час визначається за формулою:

$$t_p = S / (V_s \cdot 24) + t_{\text{зп}},$$

де V_s - швидкість судна;

S - протяжність траси переходу, милі;

$t_{\text{зп}}$ - час затримок судна в дорозі, діб.

$$t_x = 4081,6 / (14,0 \cdot 24) + 0,25 = 12,4 \text{ доби.}$$

Нормативна тривалість стоянкового часу розраховується за формулою:

$$t_{\text{ст}} = \frac{\sum Q_i}{M},$$

де Q_i – маса вантажу, т;

M - валова норма вантажних робіт, т/добу.

$$t_{\text{ст}} = 158166 / 25000 = 6,3 \text{ доби}$$

Кількість вантажу, що може прийняти судно, залежить від величини запасів. Зазвичай немає необхідності враховувати стоянкові запаси, що витрачаються в порту навантаження, тому що до моменту закінчення навантаження стоянкові запаси, передбачені на час навантаження будуть витрачені. Тому загальна кількість рейсових запасів $P_{\text{зап}}$ розраховується як сума ходових запасів $P_{\text{зап}}^x$ і необхідних для порту вивантаження стоянкових запасів $P_{\text{зап}}^{\text{ст}}$:

$$P_{\text{зап}} = P_{\text{зап}}^x + P_{\text{зап}}^{\text{ст}};$$

Кількість ходових запасів становить суму:

$$P_{\text{зап}}^x = P_{\text{п}}^x + P_{\text{в}}^x + P_{\text{м}}^x,$$

де $P_{\text{п}}^x$, $P_{\text{в}}^x$, $P_{\text{м}}^x$ - відповідно кількість палива, води й мастила необхідна на перехід від порту навантаження до порту вивантаження з урахуванням штормового запасу.

$$P_{\text{п}}^x = q_{\text{п}}^x \cdot (t_x + t_{\text{шт}});$$

$$P_{\text{в}}^x = q_{\text{в}}^x \cdot (t_x + t_{\text{шт}});$$

$$P_{\text{м}}^x = q_{\text{м}}^x \cdot (t_x + t_{\text{шт}});$$

де $q_{\text{п}}^x$, $q_{\text{в}}^x$, $q_{\text{м}}^x$ – добова норма витрачання палива, води і мастила на ходу судна відповідно, т/добу;

$t_{\text{шт}}$ – штормовий час, діб.

Штормовий час визначається за допомогою Системи управління безпекою (СУБ) компанії і становить 5 діб.

$$P_{\Pi}^x = (52+3) \cdot (12,4 + 5) = 957,0 \text{ т}$$

$$P_{\text{В}}^x = 5 \cdot (12,4 + 5) = 87,0 \text{ т}$$

$$P_{\text{см}}^x = 0,3 \cdot (12,4 + 5) = 5,2 \text{ т}$$

$$P_{\text{зап}}^x = 957,0 + 87,0 + 5,2 = 1049,2 \text{ т}$$

Аналогічно знаходять кількість стоянкових запасів:

$$P_{\text{зап}}^{\text{ст}} = P_{\Pi}^{\text{ст}} + P_{\text{В}}^{\text{ст}} + P_{\text{см}}^{\text{ст}};$$

$$P_{\Pi}^{\text{ст}} = q_{\Pi}^{\text{ст}} \cdot t_{\text{ст}};$$

$$P_{\text{В}}^{\text{ст}} = q_{\text{В}}^{\text{ст}} \cdot t_{\text{ст}};$$

$$P_{\text{см}}^{\text{ст}} = q_{\text{м}}^{\text{ст}} \cdot t_{\text{ст}};$$

де $q_{\Pi}^{\text{ст}}, q_{\text{В}}^{\text{ст}}, q_{\text{м}}^{\text{ст}}$ - добова норма витрачання палива, води і масла на стоянці судна відповідно, т/добу.

$$P_{\Pi}^{\text{ст}} = 3 \cdot 6,3 = 18,9 \text{ т}$$

$$P_{\text{В}}^{\text{ст}} = 5 \cdot 6,3 = 31,5 \text{ т}$$

$$P_{\text{см}}^{\text{ст}} = 0,03 \cdot 6,3 = 0,2 \text{ т}$$

$$P_{\text{зап}}^{\text{ст}} = 18,9 + 31,5 + 0,2 = 50,6 \text{ т}$$

$$P_{\text{зап}} = 1049,2 + 50,6 = 1099,8 \text{ т}$$

Оскільки рейс фактичний, то кількість запасів прийнятих на судно відрізняється від розрахованого.

Запаси палива, мастила і води прийняті трохи більше чим необхідно на рейс.

На відхід на судні було: важкого палива 1490 т; дизельного палива 256,2т; води 210 т; мастила 50,8 т.

$$\text{Усього } P_{\text{зап}} = 2007,0 \text{ т}$$

Розрахував загальну кількість рейсових запасів, приступають до визначення чистої вантажопідйомності судна ($\Delta_{\text{ч}}$) на рейс:

$$\Delta_{\text{ч}} = \Delta_{\text{W}} - (P_{\text{зап}} + P_{\text{ек}}),$$

де $P_{\text{ек}}$ – екіпаж, постачання та ін.

$$\Delta_{\text{ч}} = 174095,8 - (2007 + 329) = 171759,8 \text{ т}$$

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

Таблиця 3.2 - Відомості про масу і обсязі навантаженого вантажу

Назва вантажу	Маса вантажу, т Q_i	Питомий навантажувальний обсяг вантажу, $\text{м}^3/\text{т}$, U_i	Обсяг займаний вантажем м^3 , V_i
Вугілля	158166	1,16	183472,7

3.4. Складання вантажного плану.

Перевізник несе відповідальність за неправильне розміщення вантажів на судні. Неправильне або невдале розміщення вантажів, перевантаження окремих відсіків неминуче призводить до перенапруження корпусу, а в окремих випадках до пошкоджень і навіть аварії судна. Тому судно повинне бути завантажене так, щоб не з'явилося крену, були належний диферент і достатня остійність, не були порушені умови місцевої та загальної міцності. Це досягається відповідним розподілом вагового навантаження по вантажних приміщеннях судна.

При перевезенні різнорідних вантажів в практиці використовується принцип розподілу вагового навантаження по довжині судна пропорційно кубатурі вантажних приміщень за допомогою коефіцієнта порівняння вантажомісткості кожного вантажного приміщення (K_i):

$$K_i = \frac{W_i}{W_c}, \quad (i = 1, 2, \dots, n);$$

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

W_c - вантажомісткість судна, м^3 ;

n - кількість вантажних приміщень.

Значення розподіленої маси для i -го вантажного приміщення (Q_i) визначається як добуток коефіцієнта порівняння вантажомісткості i -го вантажного приміщення на розраховану загальну масу вантажів ($Q_{\text{полн}}$):

$$Q_i = K_i \cdot Q_{\text{полн}}.$$

Розрахунок проводимо в табличній формі.

Таблиця 3.3 - Розподіл вагового навантаження по вантажних приміщень судна

Найменування вантажного приміщення	Вантажомісткість вантажного приміщення W_i , м ³	коефіцієнт порівняння, K_i	Допустиме максимальне вагове навантаження вантажного приміщення Q_i , т	Фактичний розподіл вантажу, т
Трюм №1	17415,23	0,09492	15013	15013
Трюм №2	20830,06	0,11353	17956	17956
Трюм №3	21017,16	0,11455	18118	18118
Трюм №4	21017,16	0,11455	18118	18118
Трюм №5	21576,69	0,11760	18600	18600
Трюм №6	21576,69	0,11760	18600	18600
Трюм №7	21017,15	0,11455	18118	18118
Трюм №8	20887,98	0,11384	18006	18006
Трюм №9	18139,98	0,09887	15637	15637
Всього	183478,1	1,000	158166	158166

Комплектація та розміщення вантажів по вантажним приміщенням здійснюється з урахуванням транспортних характеристик вантажів, техніко-експлуатаційних характеристик судна.

3.5. Характеристика експлуатаційних умов рейсу.

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

Гідрометеорологічні умови плавання, опис та характеристика портів заходу в частині що стосується вантажних операцій представлені в розділі 2.

Порт відходу: Річардс Бей (28°48'S 32°02'E). Густина води $\rho=1,025$ т/м³.

В порту Річардс Бей діє літня вантажна марка.

Порт доступний для суден з довжиною до 365 м, шириною 63,4 м і осадкою 22 м.

Ремонт: Всі види ремонту доступні.

Прісна вода: Є в наявності.

Бункеровка: доступні всі види палива.

Часи роботи: Протягом 24 годин, 7 днів на тиждень. У святкові дні робота не припиняється.

Порт приходу: Vitoria (20°19'S 40°20'W). Густина води $\rho=1,025 \text{ т/м}^3$.

Порт Віторія розташований на березі річки Санта-Марта по обидва боки затоки Віторія, що займає частину міста Віторія та району Віла-Велья, в затоці Еспіріто-Санту.

В порту Vitoria діє тропічна вантажна марка.

Ремонт: Доступний.

Прісна вода: Є в наявності.

Державні свята: 1, 20 січня, 21 квітня, 1 травня, 5 червня, 7 вересня, 12 жовтня, 2 листопада, 15 грудня та 25 грудня. Рухомі свята: Страсна п'ятниця, Карнавал (лютий чи березень).

Робочий час: Протягом 24 годин на добу для контейнерних, сипучих, зернових, лісових продуктів та паперових вантажів.

Відстань між портами: $S = 4081,6$ милі.

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 “+”.

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

Таблиця 4.1 - Розподіл запасів на відхід

Найменування цистерн	Міст- кість, т	Маса, т	Плечі, м		Моменти, тм	
			x	z	M _x	M _z
1	2	3	4	5	6	7
Моторне паливо $\rho = 0,930 \text{ т/м}^3$						
STORAGE PS №30A	1127,4	410	-100,491	13,062	-41201	5355
STORAGE STB №31A	1127,4	412	-100,491	13,062	-41402	5382
STORAGE PS №32	596,4	345	-125,028	20,191	-43135	6966
SETTLING PS №33	200,9	185,4	-126,949	18,429	-23536	3417
SERVICE PS №34	148,7	135,5	-127,05	22,996	-17215	3116
SERVICE TK STB №35	2,97	2,1	-120,953	15,288	-254	32
Всього моторного палива		1490			-166743	24268
Дизельне паливо $\rho = 0,860 \text{ т/м}^3$						
STORAGE PS №40	308,1	55,0	-103,914	1,765	-5715	97
STORAGE STB №41	299,37	60,0	-103,092	1,781	-6186	107
SETTLING PS №42	107,76	85,4	-121,805	17,923	-10402	1531
SERVICE PS №43	67,78	55,8	-121,824	22,982	-6798	1282
Всього дизельного палива		256,2			-29101	3017
Мастило $\rho = 0,90 \text{ т/м}^3$						
CIRCULATING №50	20,99	8,2	-110,67	2,553	-907	21
M.E. LUB.OIL STOR. №51	45,63	11,4	-105,408	1,323	-1202	15

Продовження табл. 4.1

1	2	3	4	5	6	7
M.E.CYL.L.O.PS №52A	51,19	10,5	-95,73	22,58	-1005	237
M.E.CYL.L.O.PS №52B	9,45	3,1	-95,73	20,227	-297	63
D.G. LUB. OIL STOR. №53	27,87	6,4	-94,402	22,213	-604	142
USED OIL №54	35,19	11,2	-115,167	1,294	-1290	14
Всього мастила		50,8			-5305	492
Вода $\rho = 1,000 \text{ т/м}^3$						
DRINK. WATER PS №60	160,56	60,0	-133,477	22,201	-8009	1332
DRINK. WATER STB №61	270,87	70,0	-132,956	22,25	-9307	1558
FRESH WATER №62	117,18	80,0	-132,38	21,861	-10590	1749
Всього води		210,0			-27906	4639
ВСЬОГО ЗАПАСІВ		2007	-114,13	16,15	-229055	32416

Таблиця 4.2.- Розподіл запасів на прихід

Найменування цистерн	Міст- кість, т	Маса, т	Плечі, м		Моменти, тм	
			x	z	M_x	M_z
1	2	3	4	5	6	7
Моторне паливо $\rho = 0,930 \text{ т/м}^3$						
STORAGE PS №30A	1127,4	90	-100,491	13,062	-9044	1176
STORAGE STB №31A	1127,4	90	-100,491	13,062	-9044	1176
STORAGE PS №32	596,4	342,2	-125,028	20,191	-42785	6909
SETTLING PS №33	200,9	185,4	-126,949	18,429	-23536	3417
SERVICE PS №34	148,7	135,5	-127,05	22,996	-17215	3116
SERVICE TK STB №35	2,97	2,1	-120,953	15,288	-254	32
Всього моторного палива		845,2			-101878	15826
Дизельне паливо $\rho = 0,860 \text{ т/м}^3$						
STORAGE PS №40	308,1	40,0	-103,914	1,765	-4157	71
STORAGE STB №41	299,37	37,8	-103,092	1,781	-3897	67
SETTLING PS №42	107,76	85,4	-121,805	17,923	-10402	1531
SERVICE PS №43	67,78	55,8	-121,824	22,982	-6798	1282
Всього дизельного палива		219			-25254	2951
Мастило $\rho = 0,90 \text{ т/м}^3$						
CIRCULATING №50	20,99	7,2	-110,67	2,553	-797	18
M.E. LUB.OIL STOR. №51	45,63	10,4	-105,408	1,323	-1096	14

Продовження табл.4.2

1	2	3	4	5	6	7
M.E.CYL.L.O.PS №52A	51,19	9,5	-95,73	22,58	-909	215
M.E.CYL.L.O.PS №52B	9,45	3,1	-95,73	20,227	-297	63
D.G. LUB. OIL STOR. №53	27,87	5,7	-94,402	22,213	-538	127
USED OIL №54	35,19	11,2	-115,167	1,294	-1290	14
Всього мастила		47,1			-4927	451
Вода $\rho = 1,000 \text{ т/м}^3$						
DRINK. WATER PS №60	160,56	60,0	-133,477	22,201	-8009	1332
DRINK. WATER STB №61	270,87	60,0	-132,956	22,25	-7977	1335
FRESH WATER №62	117,18	28,0	-132,38	21,861	-3707	612
Всього води		148			-19693	3279
ВСЬОГО ЗАПАСІВ		1259,3	-120,51	17,87	-151752	22507

Розподіл вантажів представлено в табл.4.3.

Таблиця 4.3 - Розподіл вантажу

Найменування приміщення	m, т	V, м ³	Плечі, м		Моменти, тм	
			x	z	M _x	M _z
Трюм №1	15013	17415,1	110,506	14,417	1659027	216442
Трюм №2	17956	20829	86,531	14,417	1553751	258872
Трюм №3	18118	21016,9	62,972	14,057	1140927	254685
Трюм №4	18118	21016,9	38,500	13,941	697543	252583
Трюм №5	18600	21576	14,602	14,102	271597	262297
Трюм №6	18600	21576	-9,893	14,005	-184010	260493
Трюм №7	18118	21016,9	-33,956	14,056	-615215	254667
Трюм №8	18006	20887	-57,879	13,941	-1042169	251022
Трюм №9	15637	18138,9	-81,916	14,302	-1280920	223640
ВСЬОГО ВАНТАЖУ	158166	183472,7	13,91	14,13	2200531	2234701

На основі виконаних розподілів вантажу і запасів складемо таблицю зведених даних і розрахунку водотоннажності з указівкою координат центру ваги судна.

Таблиця 4.4 – Зведені дані і розрахунок водотоннажності на відхід

Найменування статей навантаження	На відхід				
	Маса, т	Плечі, м		Моменти, тм	
		х	z	М _х	М _z
Судно порожнє	23683,7	-15,80	11,24	-374202	266205
Константа	329,0	-42,50	19,80	-13983	6514
Суднові запаси	2007	-114,13	16,15	-229055	32416
Вантаж	158166	13,91	14,13	2200531	2234701
Всього водотоннажність	184185,7	8,60	13,79	1583291	2539836

Таблиця 4.5 – Зведені дані і розрахунок водотоннажності на прихід

Найменування статей навантаження	На прихід				
	Маса, т	Плечі, м		Моменти, тм	
		х	z	М _х	М _z
Судно порожнє	23683,7	-15,80	11,24	-374202	266205
Константа	329,0	-42,50	19,80	-13983	6514
Суднові запаси	1259,3	-120,51	17,87	-151752	22507
Вантаж	158166	13,91	14,13	2200531	2234701
Всього водотоннажність	183438	9,05	13,79	1660594	2529927

Схематично розподіл вантажу представлено на рис.4.1.

4.2. Розрахунки посадки і початкової остійності

Розрахунок посадки судна на відхід на прихід виконується з використанням вантажної шкали і гідростатичних кривих.

Таблиця 4.6 – Розрахунки посадки судна на відхід і на прихід

Найменування величин	Позначення та формули	Значення величин	
		Відхід	Прихід
1	2	3	4
Водотоннажність масова, т	D	184185,7	183438
Абсциса центра ваги судна, м	x _g	8,60	9,05
Водотоннажність об'ємна, м ³	V = D / ρ	179693	178964
Густина забортної води, т/м ³	ρ	1,025	1,025

Вантажний план судна

Трюм №9	Трюм №8	Трюм №7	Трюм №6	Трюм №5	Трюм №4	Трюм №3	Трюм №2	Трюм №1
Вугілля	Вугілля	Вугілля	Вугілля	Вугілля	Вугілля	Вугілля	Вугілля	Вугілля
m= 15637т V= 18138,9м ³	m= 18006 т V= 20887 м ³	m= 18118 т V= 21016,9м ³	m= 18600 т V= 21576м ³	m= 18600 т V= 21576м ³	m= 18118 т V= 21016,9м ³	m= 18118т V= 21016,9м ³	m= 17956 т V= 21923м ³	m= 15013 т V= 17415,1м ³

$T_K = 17,05$ м

$T_H = 16,39$ м

Рисунок 4.1 – Схема вантажного плану судна

Продовження табл.4.6

1	2	3	4
Осадка судна, м	T	16,72	16,66
Момент диферентуючий на 1 см, тм/см	M ₁	2658,4	2651,2
Абсциса центра величини судна, м	x _c	9,55	9,57
Абсциса Ц.В. площі ватерлінії, м	x _f	0,35	0,38
Апліката поперечного метacentра, м	z _m	18,66	18,66
Коефіцієнт загальної повноти	δ	0,841	0,841
Диферент судна, м	$d = D(x_g - x_c)/(100M_1)$	-0,66	-0,36
Осадка судна носом, м	$T_n = T - (L/2 + x_f) d/L$	16,39	16,48
Осадка судна кормою, м	$T_k = T_n + d$	17,05	16,84

Для виконання розрахунків та контролю остійності судна необхідно визначити поправки на вплив вільної поверхні рідких вантажів (запасів і баласту) до метацентричної висоти і плечам статичної остійності. При визначенні виправлення на вільні поверхні в розрахунок приймаються цистерни запасів з найбільшим виправленням Δm_h незалежно від ступеня їхнього заповнення. Поправочні моменти Δm_h вибираються з таблиці даних по суднових цистернах, що приводиться в Інформації.

Таблиця 4.7 – Виправлення на вплив вільної поверхні рідких вантажів

Найменування цистерн	Δm_h , тм
STORAGE PS №30A	1344
STORAGE STB №31A	1344
STORAGE PS №32	272
SETTLING PS №33	174
SERVICE PS №34	176
STORAGE PS №40	857
STORAGE STB №41	857
SETTLING PS №42	103
SERVICE PS №43	108
DRINK. WATER PS №60	76
DRINK. WATER STB №61	421
FRESH WATER №62	55
Сума: $\Sigma \Delta m_h$	5787

Розрахунок параметрів початкової остійності виконаний у табл.4.8.

Таблиця 4.8 – Розрахунок параметрів початкової остійності

Найменування величин	Позначення та формули	Значення величин	
		Відхід	Прихід
Водотоннажність масова, т	D	184185,7	183438
Невиправлена апліката центра ваги судна, м	z_{g0}	13,79	13,79
Апліката поперечного метацентра, м	z_m	18,66	18,66
Невиправлена метацентрична висота, м	$h_0 = z_m - z_{g0}$	4,87	4,87
Виправлення на вільні поверхні, м	$\Delta h = \Sigma \Delta m_h / D$	0,03	0,03
Виправлена апліката центра ваги судна, м	$z_g = z_{g0} + \Delta h$	13,82	13,82
Виправлена метацентрична висота, м	$h = h_0 - \Delta h$	4,84	4,84

4.3. Контроль остійності за матеріалами Інформації

Перевірку остійності за матеріалами Інформації виконаємо по критичній аплікаті центра ваги судна

Таблиця 4.9 – Перевірка остійності по критичній аплікаті центра ваги судна

Найменування величин	Позначення та формули	Значення величин	
		Відхід	Прихід
Водотоннажність масова, т	D	184185,7	183438
Виправлена апліката Ц.В. судна, м	z_g	13,82	13,82
Максимальна гранична апліката Ц.В., м	$z_g^{\max}$	17,55	17,55

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

4.4. Розрахунок і побудова діаграм остійності

Плечі статичної остійності розраховані з використанням таблиці плечей остійності форми (Cross-Curves of Stability). Плечі остійності форми l_ϕ вибираються по осадці для тих кутів крену, які приведені в таблиці. Ці плечі

відлічуються від точки К, що відповідає кільовій лінії, то плечі остійності ваги необхідно розраховувати по формулі:

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

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

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

У таблиці представлений розрахунок: плечей діаграми статичної остійності, площ під діаграмою статичної остійності до 30°, до 40° і від 30° до 40° з використанням коефіцієнтів Сімпсона.

Таблиця 4.10 – Розрахунок плечей статичної остійності на відхід

Водотоннажність D, т							184185,7	
Апліката центра ваги судна z_{g0} , м							13,79	
Апліката умовного центра мас z_m , м (полюс – точка «O»)							0,00	
Виправлена апліката центра ваги судна, $z_g = z_{g0} + \Delta h$, м							13,82	
$\Delta\theta = 0,1745 \approx 10^\circ/57,3$								
Кут крену θ°	Пле́че форми, l_ϕ , м	$\sin \theta^\circ$	$z_g \cdot \sin \theta^\circ$	Пле́че статичної остійності $l = l_\phi - z_g \cdot \sin \theta^\circ$, м	Множ-ник	Добу-ток	Множ-ник	Добуток
0	0,00	0,000	0,000	0,000	1	0,000	1	0,000
10	3,283	0,174	2,405	0,878	4	3,512	3	2,634
20	6,566	0,342	4,726	1,840	2	3,680	3	5,520
30	9,512	0,500	6,910	2,602	4	10,408	1	2,602
40	11,832	0,643	8,886	2,946	1	2,946	Σ_{30}	10,756
50	13,416	0,766	10,586	2,830	Σ_{40}	20,546	$a_{0-30} =$ $3 \times 0,1745 \times 10,756 / 8$ $= 0,704$	
60	14,355	0,866	11,968	2,387	$a_{0-40} =$ $0,1745 \times 20,546 / 3$ $= 1,195$			
70	14,664	0,940	12,991	1,673				
80	14,433	0,985	13,613	0,820	$a_{30-40} = 1,195 - 0,704 = 0,491$			

Таблиця 4.11 – Розрахунок плечей статичної остійності на прихід

Водотоннажність D, т							183438,0	
Апліката центра ваги судна z _{g0} , м							13,79	
Апліката умовного центра мас z _m , м (полюс – точка «O»)							0,00	
Виправлена апліката центра ваги судна, z _g = z _{g0} + Δh, м							13,82	
Δθ = 0,1745 ≈ 10°/57,3								
Кут крену θ°	Плече форми, l _φ , м	sin θ°	z _g ·sin θ°	Плече статичної остійності l= l _φ - z _g ·sin θ°, м	Множник	Добуток	Множник	Добуток
0	0,00	0,000	0,000	0,000	1	0,000	1	0,000
10	3,284	0,174	2,405	0,879	4	3,516	3	2,637
20	6,568	0,342	4,726	1,842	2	3,684	3	5,526
30	9,529	0,500	6,910	2,619	4	10,476	1	2,619
40	11,852	0,643	8,886	2,966	1	2,966	Σ ₃₀	10,782
50	13,434	0,766	10,586	2,848	Σ ₄₀	20,642	a ₀₋₃₀ = 3×0,1745×10,782/8 = 0,706	
60	14,369	0,866	11,968	2,401	a ₀₋₄₀ = 0,1745×20,642/3 = 1,201			
70	14,673	0,940	12,991	1,682				
80	14,437	0,985	13,613	0,824	a ₃₀₋₄₀ = 1,201-0,706 = 0,495			

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

4.5. Розрахунки нормованих параметрів остійності

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

Остійність судна вважається достатньою, якщо задовольняються загальні для всіх суден вимоги до критерія погоди, кута крену від дії постійного вітру й діаграми статичної остійності (ДСО).

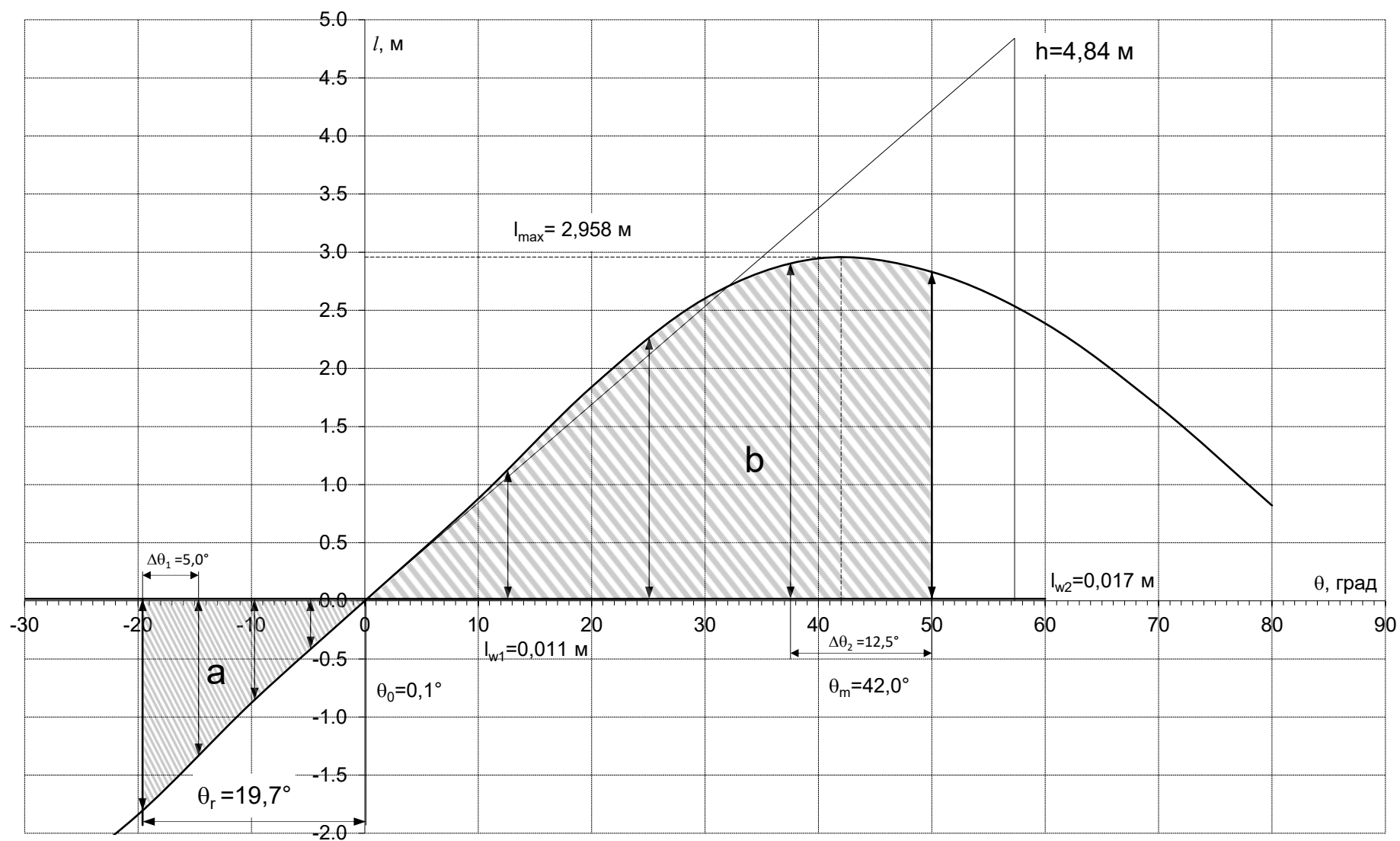


Рисунок 4.2 - Діаграма статичної остійності на відхід і визначення критерію погоди

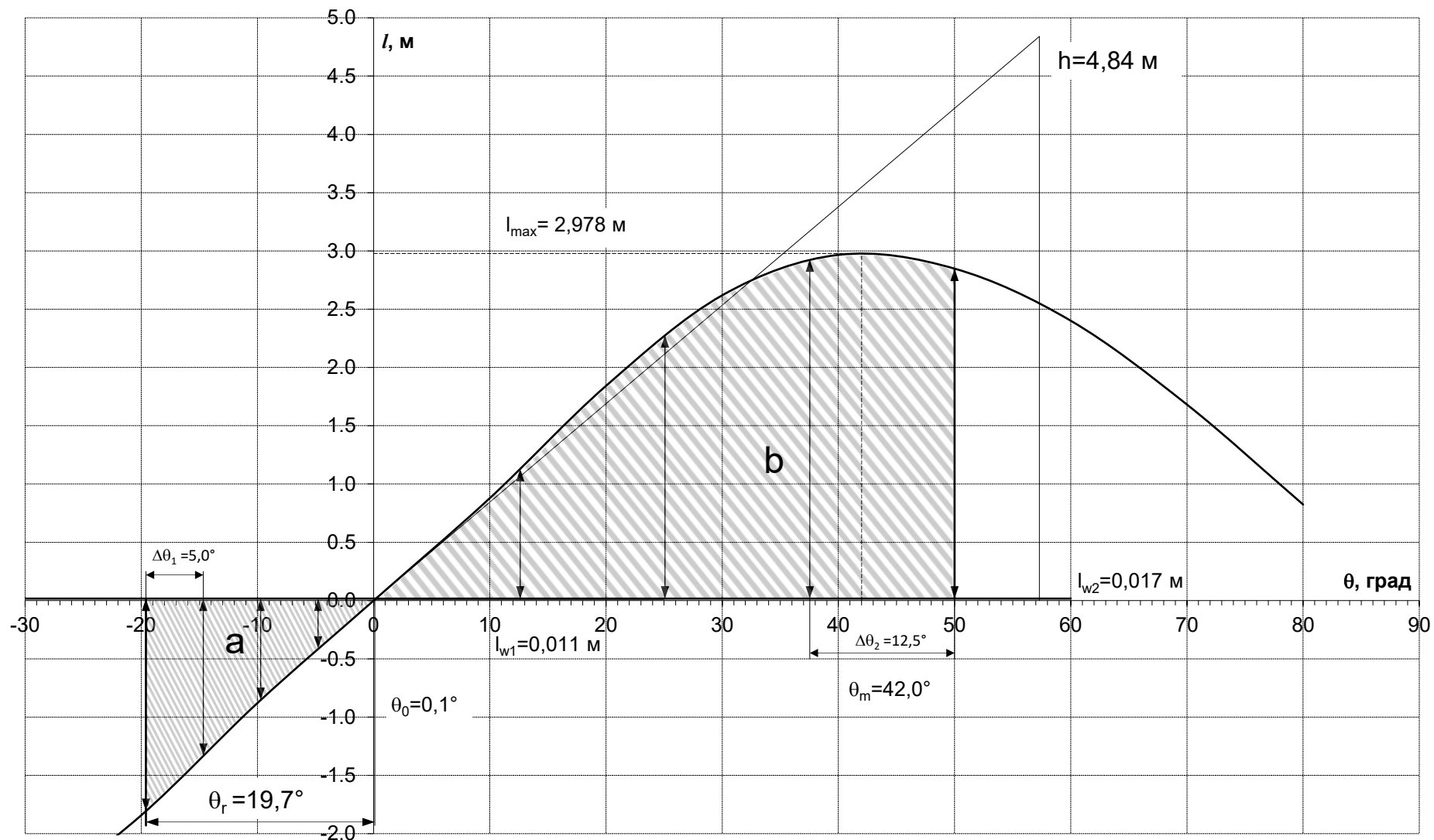


Рисунок 4.3 - Діаграма статичної остійності на прихід і визначення критерію погоди

Розрахунок нормованих параметрів остійності виконаний у табл. 4.12.

Таблиця 4.12 - Розрахунок нормованих параметрів остійності

Найменування величин	Позначення та формули	Значення величин	
		Відхід	Прихід
Водотоннажність масова, т	D	184185,7	183438
Осадка судна, м	T	16,72	16,66
Виправлена метацентрична висота, м	h	4,84	4,84
Площа парусності, м ²	A _v	2805	2822
Апліката центра парусності (ЦП), м	z	5,43	5,46
Плече парусності при постійному вітрі, м	$z_v = z + T/2$	13,79	13,79
Плече кренувального моменту від тиску вітру, м	$l_{w1}=0,504 A_v z_v / (g D)$	0,011	0,011
Кренувальне плече від пориву вітру, м	$l_{w2} = 1,5 l_{w1}$	0,017	0,017
Відносна площа скулових кілей, %	$100 A_k / (L B)$	0,482	
Коефіцієнт	k	0,990	
Відносна ширина	B/T	2,69	2,7
Безрозмірний множник	X ₁	0,951	0,950
Коефіцієнт загальної повноти	δ	0,841	0,841
Безрозмірний множник	X ₂	1,000	1,000
Інерційний коефіцієнт	$c=0,373+0,023B/T-0,043L/100$	0,317	0,317
Період хитавиці, с	$T_\theta = 2 c B / \sqrt{h}$	13,0	13,0
Коефіцієнт	S	0,0590	0,0590
Коефіцієнт	$r = 0,73 + 0,6 (z_g - T) / T$	0,626	0,628
Амплітуда хитавиці, °	$\theta_r = 109 k X_1 X_2 \sqrt{r S}$	19,7	19,7
Кут заливання, °	θ _r	>60	>60
Кут входу палуби у воду, °	$\theta_d = \arctg(2(H- T) / B)$	19,1	19,2
Кут крену від постійного вітру, °	θ ₀	0,1	0,1
Кут крену при хитавиці назустріч вітру, °	θ ₁ = θ _r - θ ₀	19,6	19,6
Границя площ. “b” діаграми праворуч, °	θ _b	50	50
Площа “a” діаграми, м-рад	a	0,308	0,308
Площа “b” діаграми, м-рад	b	1,692	1,701
Критерій погоди	K = b / a	5,49	5,52

Для визначення критерію погоди на діаграмах статичної остійності необхідно побудувати площі “ a ” і “ b ”.

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

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

$\Delta\theta_1 = (\theta_1 + 1,5\theta_0)/4 = (19,6 + 1,5 \cdot 0,1)/4 = 4,95^\circ$			$\Delta\theta_1^{\text{рад}} = 4,95^\circ/57,3 = 0,0864$ рад		
$\Delta\theta_2 = (\theta_6 - 1,5\theta_0)/4 = (50 - 1,5 \cdot 0,1)/4 = 12,48^\circ$			$\Delta\theta_2^{\text{рад}} = 12,48^\circ/57,3 = 0,2177$ рад		
a_i	k_i	$a_i \cdot k_i$	b_i	k_i	$b_i \cdot k_i$
$a_1 = 1,82$	1	1,82	$b_1 = 0$	1	0
$a_2 = 1,35$	4	5,40	$b_2 = 1,11$	4	4,440
$a_3 = 0,87$	2	1,74	$b_3 = 2,25$	2	4,500
$a_4 = 0,43$	4	1,72	$b_4 = 2,89$	4	11,560
$a_5 = 0$	1	0	$b_5 = 2,813$	1	2,813
		$\Sigma_a = 10,68$			$\Sigma_b = 23,313$
$a = \frac{1}{3} \Sigma_a \cdot \Delta\theta_1^{\text{рад}} = \frac{1}{3} 10,68 \times 0,0864 = 0,308$			$b = \frac{1}{3} \Sigma_b \cdot \Delta\theta_2^{\text{рад}} = \frac{1}{3} 23,313 \times 0,2177 = 1,692$		

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

$\Delta\theta_1 = (\theta_1 + 1,5\theta_0)/4 = (19,6 + 1,5 \cdot 0,1)/4 = 4,95^\circ$			$\Delta\theta_1^{\text{рад}} = 4,95^\circ/57,3 = 0,0864$ рад		
$\Delta\theta_2 = (\theta_6 - 1,5\theta_0)/4 = (50 - 1,5 \cdot 0,1)/4 = 12,48^\circ$			$\Delta\theta_2^{\text{рад}} = 12,48^\circ/57,3 = 0,2177$ рад		
a_i	k_i	$a_i \cdot k_i$	b_i	k_i	$b_i \cdot k_i$
$a_1 = 1,822$	1	1,822	$b_1 = 0$	1	0
$a_2 = 1,350$	4	5,40	$b_2 = 1,112$	4	4,448
$a_3 = 0,870$	2	1,74	$b_3 = 2,260$	2	4,520
$a_4 = 0,430$	4	1,72	$b_4 = 2,910$	4	11,640
$a_5 = 0$	1	0	$b_5 = 2,831$	1	2,831
		$\Sigma_a = 10,682$			$\Sigma_b = 23,439$
$a = \frac{1}{3} \Sigma_a \cdot \Delta\theta_1^{\text{рад}} = \frac{1}{3} 10,682 \times 0,0864 = 0,308$			$b = \frac{1}{3} \Sigma_b \cdot \Delta\theta_2^{\text{рад}} = \frac{1}{3} 23,439 \times 0,2177 = 1,701$		

4.6. Перевірка виконання рекомендованих ІМО критеріїв остійності

Виконаємо перевірку остійності за вимогами ІМО порівнюючи розраховані значення з нормативними.

Таблиця 4.15 – Перевірка виконання рекомендацій ІМО

Найменування величин	Позна-чення	Значення величин			Виполн. (YES/NO)
		норма-тивне	відхід	прихід	
Загальні вимоги					
Площа під ДСО до кута крену 30 ⁰ , м·рад	A ₃₀	≥ 0,055	0,704	0,706	YES
Площа під ДСО до кута крену 40 ⁰ , м·рад	A ₄₀	≥ 0,09	1,190	1,195	YES
Площа під ДСО між 30 ° і 40 °, м рад	A ₃₀₋₄₀	≥ 0,03	0,487	0,489	YES
Плече ДСО при куті крену 30° або більше, м	l ₃₀	≥ 0,20	2,602	2,619	YES
Кут крену, що відповідає максимуму ДСО, °	θ _m	≥ 25	42,0	42,0	YES
Виправлена метацентрична висота, м	h	> 0,15	4,84	4,84	YES
Критерій погоди	K	≥ 1	5,39	5,40	YES
Кут крену від постійного вітру, °	θ ₀	≤ 15,3	0,1	0,1	YES

На відхід і на прихід остійність судна задовольняє усім вимогам ІМО.

4.7. Перевірка загальної подовжньої міцності корпусу

Загальна міцність контролюється по перерізуючим силам і згинальним моментам в декількох поперечних перетинах по довжині корпусу.

Для кожного з обраних перетинів необхідно за прийнятим вантажним планом розрахувати перерізуючу силу і згинальний момент і порівняти їх з допустимими значеннями.

Розрахунок міцності виконаємо використовуючи схвалену класифікаційним товариством програму «Anko Marine Software».

Результати розрахунку по судновій програмою перерізують сили, SF і згинального моменту BM на відхід судна представлені в табл.4.16.

Таблиця 4.16. – Перевірка подовжньої міцності на відхід

Перетин	X, м	SF, т	SFsea, %	Доп.SF, т	BM, тм	BMsea, %	Доп.BM, тм
59	-93,20	-4207	47,8	-8802	-20590	13,8	-149375
85	-70,65	-1861	17,5	-10662	-91381	35,3	-258605
110	-44,05	-403	4,7	-8610	-121079	33,0	-366769
134	-23,90	267	2,4	11308	-124661	34,0	-366769
160	-2,84	99	1,0	10367	-123221	33,6	-366769
187	26,36	-6	0,1	-9648	-123983	33,8	-366769
212	52,45	519	5,0	10361	-119090	32,5	-366769
236	72,60	1007	12,9	7829	-102134	37,0	-276210
267	95,50	1707	16,7	10225	-72184	44,3	-162935
303	125,45	3262	34,3	9518	-15878	29,6	-53704

Максимальна перерізувача сила –4207 т (47,8%) на 59 шпангоуті.

Максимальний згинальний момент -124661 (34,0%) на 134 шпангоуті.

На рис.4.4. представлена епюра міцності на відхід.

Протягом всього рейсу загальна подовжня міцність забезпечена.

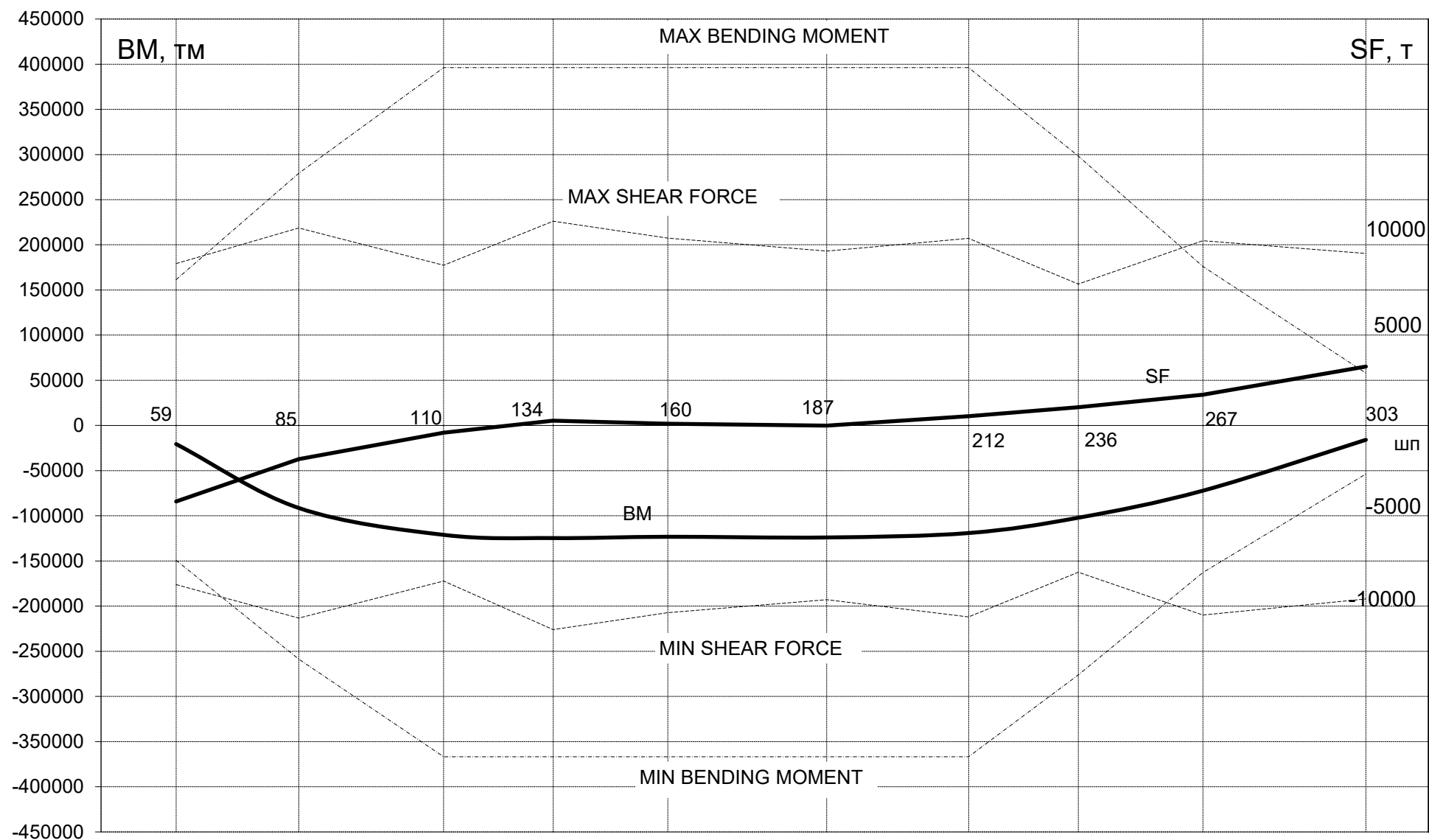


Рисунок 4.4. - Епюра перерізуючих сил і згинальних моментів на відхід

РОЗДІЛ 5

КОНЦЕПТУАЛЬНІ ОСНОВИ ТА ПРИНЦИПИ ФУНКЦІОНУВАННЯ АВТОНОМНИХ НАВІГАЦІЙНИХ СИСТЕМ MASS

5.1. Введення в Концепцію Морських Автономних Надводних Суден (MASS)

Сучасна морська індустрія, яка історично виступає фундаментальною опорою глобальної економічної архітектури та забезпечує транспортування понад 80% обсягу міжнародної торгівлі, нині переживає період безпрецедентної технологічної трансформації. Цей процес, що в науковій літературі часто характеризується як «Морська Індустрія 4.0», знаменує собою перехід від традиційних моделей експлуатації суден до інтеграції складних кіберфізичних систем, кульмінацією чого є концепція Морських Автономних Надводних Суден (Maritime Autonomous Surface Ships — MASS). Введення в науковий обіг та інженерну практику поняття MASS відображає не просто еволюційне вдосконалення навігаційного обладнання, а фундаментальний зсув парадигми, що зачіпає правові, економічні, соціальні та технічні основи судноплавства.

В академічному дискурсі та регуляторній практиці визначення автономного судна вимагає високого ступеня точності, оскільки різночитання в термінології можуть призводити до юридичних колізій та помилок у проектуванні систем безпеки. Центральним орієнтиром у цьому питанні виступає позиція Міжнародної морської організації (IMO), яка в межах своєї роботи з гармонізації нормативної бази визначила MASS як судна, що «в різній мірі можуть функціонувати незалежно від взаємодії з людиною». Ця дефініція, прийнята Комітетом з безпеки на морі (MSC), навмисно сформульована широко, щоб охопити весь спектр технологічних рішень — від суден з автоматизованою підтримкою прийняття рішень до повністю автономних одиниць, що виключають присутність людини на борту.

Тим не менш, для цілей поглибленого дослідження необхідно провести демаркацію між суміжними поняттями «автоматизований», «безекіпажний» та «автономний», які часто помилково використовуються як синоніми. Автоматизоване судно (Automated Ship) являє собою технічну систему, де рутинні операції, такі як утримання курсу або моніторинг параметрів двигуна, виконуються програмними алгоритмами, проте когнітивна функція прийняття стратегічних рішень та відповідальність за безпеку залишаються прерогативою екіпажу, що перебуває на борту. Цей стан відповідає першому рівню автономності згідно з класифікацією ІМО і є стандартом для сучасного високотехнологічного флоту.

Якісно іншим етапом є концепція безекіпажного судна (Unmanned Ship), яка корелює з третім рівнем автономності. У даній конфігурації судно фізично позбавлене екіпажу, а функції управління переносяться до берегових центрів (Remote Operations Centres — ROC). Ключовою особливістю тут є збереження антропоцентричної моделі управління: незважаючи на дистанційний характер взаємодії, людина-оператор залишається ключовою ланкою в контурі управління, приймаючи рішення на основі даних, що передаються через супутникові канали зв'язку.

Вершиною технологічної еволюції в цій галузі є концепція повністю автономного судна (Autonomous Ship), що відповідає четвертому рівню за шкалою ІМО. Таке судно розглядається як агент, що володіє здатністю до самостійного сприйняття навколишнього середовища, аналізу ситуації та прийняття рішень без втручання людини. Операційна система такого судна, що базується на алгоритмах штучного інтелекту (ШІ), повинна бути здатною самостійно інтерпретувати та виконувати Міжнародні правила запобігання зіткненню суден у морі (МППСС-72), а також реагувати на позаштатні ситуації. Саме перехід від дистанційного управління до повної автономії становить найбільш складний інженерний виклик, що вимагає квантифікації якісних правил морського судноводіння в детерміновані алгоритми.

Фундаментальні Драйвери Впровадження MASS

Інтенсифікація досліджень і розробок у галузі MASS зумовлена не технологічним детермінізмом, а комплексом прагматичних імперативів, які ставлять під сумнів ефективність традиційної моделі судноплавства. Аналіз наукової літератури дозволяє виділити три ключові групи драйверів: безпека, економічна ефективність та екологічна стійкість.

Імператив підвищення безпеки є домінуючим фактором у риториці впровадження автономних суден. Численні дослідження, включаючи систематичні огляди *Dreyer* та *Olteidal*, вказують на те, що людський фактор є першопричиною переважної більшості морських аварій. Статистичні дані свідчать про те, що від 70% до 90% інцидентів, таких як зіткнення та посадки на мілину, зумовлені помилками екіпажу, викликаними втомою, стресом, втратою ситуаційної обізнаності або недостатньою кваліфікацією. У цьому контексті автономні системи розглядаються як засіб усунення суб'єктивності та фізіологічних обмежень людини. Системи штучного інтелекту не схильні до втоми, здатні підтримувати безперервний круговий огляд і обробляти масиви даних від сенсорів, що перевищують когнітивні здібності людини-оператора. Таким чином, впровадження MASS потенційно може призвести до значного зниження аварійності та підвищення безпеки мореплавства.

Економічна доцільність впровадження MASS базується на можливості радикальної оптимізації операційних витрат (OPEX). Традиційна структура витрат судновласника включає значну частку витрат на утримання екіпажу, які охоплюють заробітну плату, страхування, провізію, ротацію та навчання. Перехід до безекіпажних технологій дозволяє виключити ці статті витрат. Більше того, відсутність екіпажу відкриває можливості для перегляду архітектури судна. Усунення надбудови, житлових приміщень, систем життєзабезпечення (вентиляції, водопостачання, каналізації) та рятувального обладнання дозволяє знизити вагу судна, зменшити аеродинамічний опір та збільшити корисний вантажний об'єм. Дослідники *Alamouh* та *Ölçer* зазначають, що така конструктивна оптимізація безпосередньо веде до підвищення

енергоефективності та зниження витрат палива, що є критичним фактором в умовах волатильності цін на енергоносії.

Третім, але не менш важливим драйвером є екологічний імператив. Світове співтовариство в особі ІМО ставить амбітні цілі з декарбонізації морського транспорту. MASS органічно вписуються в цю стратегію завдяки своїй здатності до оптимізації режимів руху. Інтелектуальні системи управління можуть здійснювати динамічну маршрутизацію (weather routing) з безпрецедентною точністю, враховуючи гідрометеорологічні умови для мінімізації витрат палива. Крім того, автономні платформи легше інтегруються з альтернативними силовими установками, що працюють на електриці, водні або аміаку, оскільки відсутність людей на борту знижує ризики, пов'язані з токсичністю або вибухонебезпечністю нових видів палива.

Розвиток MASS не є спонтанним явищем, а являє собою результат конвергенції досягнень у галузі робототехніки, сенсорних технологій та телекомунікацій. Історично процес автоматизації суден проходив кілька етапів: від впровадження перших гірокомпасів та авторульових на початку XX століття до появи інтегрованих навігаційних систем та систем динамічного позиціонування наприкінці століття. Проте якісний стрибок відбувся в останнє десятиліття завдяки проєктам, спрямованим на доведення концепції повної автономності.

Знаковою подією стала реалізація проєкту MUNIN (Maritime Unmanned Navigation through Intelligence in Networks), що фінансувався Європейським Союзом, який заклав теоретичні основи для проєктування безекіпажних балкерів. Слідом за ним послідувала ініціатива AAWA (Advanced Autonomous Waterborne Applications), очолювана компанією Rolls-Royce, яка продемонструвала комерційну життєздатність технологій дистанційного та автономного управління. На даний час флагманом індустрії вважається норвезький проєкт *Yara Birkeland* — перше у світі повністю електричне та автономне контейнерне судно з нульовим рівнем викидів. Цей проєкт наочно демонструє синергію екологічних та технологічних цілей, пропонуючи модель

логістики, яка виключає необхідність у наземному вантажному транспорті та знижує вуглецевий слід.

Паралельно з технологічними розробками відбувається адаптація нормативно-правової бази. Визнаючи незворотність впровадження нових технологій, ІМО ініціювала масштабний процес Regulatory Scoping Exercise — ревізію існуючих конвенцій (SOLAS, STCW, COLREG) з метою виявлення бар'єрів для експлуатації MASS. Цей процес підкреслює розуміння того, що технологія випереджає регулювання, і для безпечної інтеграції автономних суден у глобальну транспортну систему необхідне створення гнучкого та всеосяжного міжнародного кодексу.

Системна Архітектура та Технологічні Виклики

Розуміння концепції MASS неможливе без аналізу їхньої системної архітектури. Автономне судно слід розглядати не просто як транспортний засіб, а як складну кіберфізичну систему, функціонування якої залежить від взаємодії безлічі підсистем. Згідно з дослідженнями *Alamoush* та *Ölçer*, архітектура автономної навігації базується на двох фундаментальних стовпах: Ситуаційній Обізнаності (Situational Awareness — SA) та Системі Уникнення Зіткнень (Collision Avoidance — CA).

Забезпечення ситуаційної обізнаності в умовах відсутності людини на борту вимагає створення «цифрових відчуттів» судна. Це досягається за рахунок інтеграції даних від гетерогенних сенсорів: радарів, лідарів (LiDAR), оптичних та інфрачервоних камер, мікрофонів та систем автоматичної ідентифікації (AIS). Критичним технологічним викликом тут виступає необхідність сенсорного злиття (Sensor Fusion) — алгоритмічного об'єднання суперечливих та зашумлених даних від різних джерел для побудови єдиної, достовірної моделі навколишнього середовища. Наприклад, лідари забезпечують високу точність визначення дистанції, але їх ефективність різко падає в умовах туману або дощу, де перевагу мають радари. Завдання системи — динамічно зважувати достовірність даних від кожного сенсора залежно від зовнішніх умов.

Другим критичним викликом є розробка алгоритмів прийняття рішень, сумісних з правилами МППСС. Проблема полягає в тому, що діючі правила написані людьми для людей і оперують якісними, суб'єктивними категоріями, такими як «безпечна швидкість» або «належне спостереження». Переклад цих понять на мову математичної логіки та програмного коду являє собою нетривіальну задачу. Штучний інтелект повинен не просто розрахувати траєкторію розходження, а й діяти передбачувано для інших учасників руху, демонструючи «хорошу морську практику». Як зазначають *Dreyer* та *Oltegal*, відсутність стандартизованих методів квантифікації правил МППСС залишається однією з головних перешкод на шляху до сертифікації суден четвертого рівня автономності.

Проблематика Кібербезпеки та Зв'язку

Перехід до концепції MASS нерозривно пов'язаний з трансформацією загроз безпеці. Якщо традиційне судно було відносно ізольованим об'єктом, то автономне судно, будучи частиною «Інтернету суден» (Internet of Ships), характеризується широкою поверхнею атаки. Дослідження *Son* та *Huh* підкреслюють, що перехід від закритих бортових мереж до відкритих інтерфейсів зв'язку з береговою інфраструктурою створює критичні вразливості.

Основні ризики лежать у площині порушення цілісності та доступності даних. Системи глобального позиціонування (GNSS) та автоматичної ідентифікації (AIS), що є фундаментом навігації MASS, критично вразливі до атак типу спуфінг (spoofing) та джеммінг (jamming). Підміна навігаційного сигналу може призвести до відхилення судна від курсу, зіткнення або навіть його захоплення зловмисниками. Для суден з дистанційним управлінням (Рівні 2 та 3) критичним фактором стає надійність каналу зв'язку. В умовах океанського плавання використання супутникових каналів пов'язане з проблемою затримки сигналу (latency) та обмеженою пропускною здатністю, що робить пряме телеуправління в реальному часі ризикованим. Це диктує необхідність впровадження автономних режимів fail-safe, які дозволяють судну безпечно перейти в захисний стан при втраті зв'язку.

Крім того, відсутність екіпажу на борту актуалізує питання фізичної безпеки та боротьби за живучість. Традиційні методи усунення несправностей або боротьби з пожежею силами екіпажу стають неможливими. Це вимагає впровадження систем з високим ступенем резервування (redundancy) та самовідновлення, а також розробки автоматизованих систем пожежогасіння та контролю пошкоджень, здатних функціонувати без участі людини.

Резюме та Вектор Подальшого Аналізу

Підсумовуючи вступ до концепції, слід констатувати, що MASS представляють собою невідворотний вектор розвитку морської галузі, зумовлений об'єктивними економічними та технологічними факторами. Перехід до автономного судноплавства обіцяє революціонізувати логістичні ланцюжки, підвищити стандарти безпеки та знизити екологічне навантаження на океан. Однак реалізація цього потенціалу вимагає подолання безпрецедентних технологічних бар'єрів.

Аналіз показує, що успіх впровадження MASS залежить не стільки від удосконалення корпусу або двигунів, скільки від прогресу в галузі програмних алгоритмів, сенсорних технологій та кібербезпеки. Ключова проблема зміщується з галузі морської інженерії в галузь інформаційних технологій та штучного інтелекту. У подальших розділах цієї роботи буде проведено детальний аналіз специфічних технологічних викликів, пов'язаних з класифікацією рівнів автономності, архітектурою навігаційних систем та методами забезпечення кіберстійкості, які були окреслені в даному вступі. Глибоке розуміння цих аспектів є необхідною умовою для розробки ефективних стратегій інтеграції автономних суден у глобальну транспортну систему.

5.2. Архітектура автономної навігації

Перехід від конвенційного судноплавства до експлуатації Морських Автономних Надводних Суден (MASS) вимагає не просто еволюційної модернізації існуючого навігаційного обладнання, а фундаментальної деконструкції та подальшої реконструкції самої архітектури управління судном. У традиційній парадигмі судноводіння людина виступає центральним інтегратором інформаційних потоків, відповідальним за сприйняття навколишнього середовища, аналіз ситуації, прийняття рішень та їх фізичну реалізацію через органи управління. В контексті MASS ці функції делегуються складному конгломерату апаратних та програмних засобів, які утворюють єдину розподілену кіберфізичну систему. Ефективність та надійність автономного судна визначається не характеристиками окремих сенсорів чи алгоритмів, а синергією взаємодії між ними в рамках цілісної архітектури. Системний аналіз сучасних розробок, зокрема досліджень *Alamoush* та *Ölçer* (2025), дозволяє концептуалізувати архітектуру автономної навігації як ієрархічну структуру замкненого циклу управління, що складається з трьох фундаментальних рівнів: рівня сенсорного сприйняття та ситуаційної обізнаності, рівня прийняття рішень та планування, а також рівня виконання та управління рухом. Кожен з цих рівнів виконує специфічні функції, імітуючи та розширюючи когнітивні та фізичні спроможності людини-оператора, при цьому забезпечуючи безперервний потік верифікованих даних та керуючих впливів у режимі реального часу.

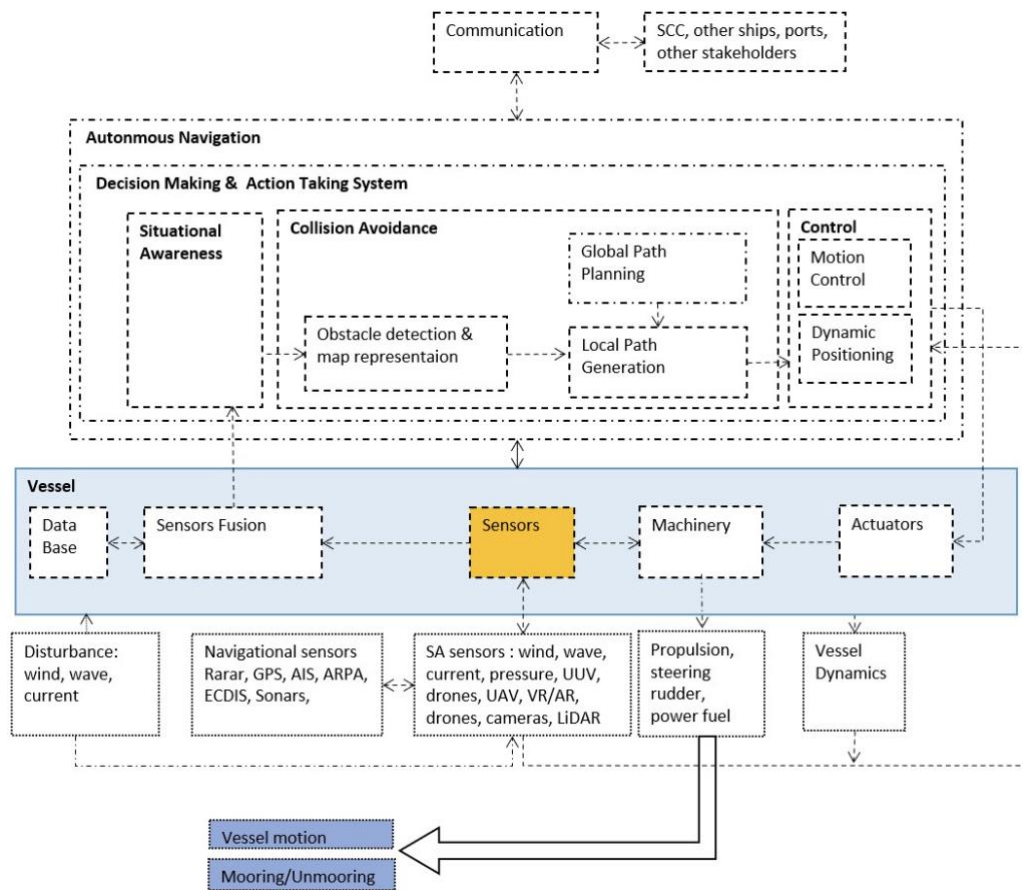


Рисунок 5.1. Архітектура автономної навігації

5.2.1. Сенсорний рівень та формування ситуаційної обізнаності (Perception Layer)

Фундаментом архітектури MASS, без якого неможливе функціонування будь-яких вищих логічних надбудов, є сенсорний рівень, що виступає технологічним аналогом органів чуття людини. В умовах відсутності екіпажу на борту, здатність судна «бачити», «чути» та «відчувати» навколишнє середовище реалізується через розгалужену мережу гетерогенних датчиків. На відміну від традиційного судна, де навігаційні прилади слугують допоміжним інструментом для вахтового офіцера, на MASS сенсорний масив стає єдиним джерелом вхідної інформації, що накладає безпрецедентні вимоги до його надійності, точності та відмовостійкості.

Архітектура сенсорного рівня базується на принципі мультимодальності, що передбачає використання фізично різних принципів детекції для отримання всебічної картини світу. Першу групу сенсорів складають традиційні навігаційні

прилади, інтегровані в цифрову екосистему судна. Глобальні навігаційні супутникові системи (GNSS) забезпечують позиціонування з високою точністю, використовуючи сигнали від угруповань GPS, Galileo або GLONASS, часто доповнені системами диференціальної корекції (DGPS) або кінематикою реального часу (RTK) для маневрування у вузькостях. Дані про орієнтацію судна у просторі, кутові швидкості та прискорення надають інерціальні вимірювальні модулі (IMU) та гірокомпаси, що є критично важливим для стабілізації судна та компенсації хитами при обробці зображень.

Другу, більш складну групу становлять сенсори ситуаційної обізнаності (Situational Awareness — SA), завданням яких є детекція та класифікація об'єктів навколишнього середовища. Радіолокаційні станції (радары) залишаються основою дальнього виявлення, забезпечуючи надійну роботу в будь-яких погодних умовах та вимірювання відносної швидкості цілей. Однак для завдань ближньої зони, таких як швартування або ідентифікація маломірних об'єктів, можливостей радара недостатньо. Тому архітектура MASS обов'язково включає оптичні системи — камери високої роздільної здатності для денного спостереження та інфрачервоні камери для роботи вночі. Революційним доповненням для морської галузі стало впровадження лідарів (LiDAR), які за допомогою лазерного сканування формують детальну тривимірну хмару точок навколишнього простору, дозволяючи з високою точністю визначати геометричні параметри об'єктів та відстань до них. Крім того, для забезпечення повноти сприйняття використовуються гідроакустичні системи (сонари) для контролю підводної обстановки та мікрофони для детекції звукових сигналів відповідно до вимог МППСС-72.

Однак проста наявність масиву сенсорів не гарантує адекватного сприйняття реальності. Сирі дані, що надходять від датчиків, за своєю природою є зашумленими, неповними та можуть містити артефакти, спричинені впливом зовнішнього середовища, наприклад, відбиттям радіохвиль від хвиль, засвіченням камер сонцем або загасанням сигналу лідара в тумані. Більше того, різні сенсори можуть надавати суперечливу інформацію про один і той самий

об'єкт. Вирішенням цієї фундаментальної проблеми займається модуль сенсорного злиття (Sensor Fusion), який є «серцем» рівня сприйняття. Цей програмний компонент використовує складні математичні методи, такі як розширені фільтри Калмана (EKF) або частинкові фільтри, для статистичної обробки потоків даних.

Процес сенсорного злиття відбувається на кількох рівнях абстракції. На низькому рівні здійснюється попередня обробка сигналів, фільтрація шумів та геометрична корекція. На середньому рівні відбувається асоціація даних, коли система визначає, що відмітки на радарі, плями на тепловізорі та хмара точок лідара належать одному фізичному об'єкту. На високому рівні здійснюється трекінг об'єктів та прогнозування їх руху. Результатом роботи цього модуля є побудова глобальної, динамічної цифрової моделі навколишнього середовища (World Model), в якій кожен об'єкт має верифіковані координати, вектор швидкості та клас (наприклад, «судно», «буй», «берег»). Ця модель, очищена від сенсорної невизначеності, передається на наступний рівень архітектури як єдине джерело істини для прийняття рішень.

5.2.2. Рівень прийняття рішень та планування (Decision & Planning Layer)

Отримавши структуровану інформацію про навколишнє середовище та власний стан, система MASS переходить до етапу когнітивної обробки, який реалізується на рівні прийняття рішень та планування. Цей архітектурний шар виконує роль «віртуального капітана», заміщуючи інтелектуальну діяльність судноводія. Його головним завданням є трансформація статичної картини світу в динамічний план дій, що забезпечує досягнення цілей місії (доставка вантажу з порту А в порт Б) з дотриманням критеріїв безпеки, економічності та нормативної відповідності. Функціонально цей рівень можна розділити на стратегічне планування (Global Path Planning) та тактичне маневрування (Local Path Planning / Collision Avoidance).

Стратегічне планування відповідає за прокладання маршруту на основі електронних навігаційних карт (ENC), розкладу руху та прогнозів погоди. Сучасні алгоритми маршрутизації (weather routing) використовують методи оптимізації, такі як алгоритм Дейкстри або A^* (A-Star), для пошуку шляху, що мінімізує витрати палива або час в дорозі, уникаючи при цьому зон штормової активності та навігаційних небезпек. Цей процес є відносно статичним і відбувається переважно перед початком рейсу, хоча і підлягає корекції при отриманні нових метеорологічних даних.

Значно складнішим завданням є тактичне маневрування та уникнення зіткнень (Collision Avoidance — CA), яке відбувається в режимі реального часу. Система CA повинна безперервно аналізувати траєкторії руху навколишніх суден, ідентифікувати ситуації небезпечного зближення (Risk of Collision) та генерувати маневри ухилення. Ключовою проблемою тут є необхідність суворого дотримання Міжнародних правил запобігання зіткненню суден (МППСС-72). Алгоритми CA повинні не просто знайти вільний простір для проходу, а й діяти у спосіб, передбачуваний для інших учасників руху та легітимний з точки зору морського права. Це вимагає формалізації якісних правил МППСС (наприклад, правил розходження на зустрічних курсах або при перетині) у кількісні обмеження для цільової функції оптимізації.

Традиційні детерміновані алгоритми, засновані на жорсткій логіці (Rule-Based Systems), часто виявляються недостатньо гнучкими для вирішення складних багатосуднових ситуацій або взаємодії з суднами, що порушують правила. Тому сучасна архітектура рівня прийняття рішень все частіше інтегрує методи штучного інтелекту, зокрема машинного навчання (Machine Learning — ML) та глибокого навчання з підкріпленням (Deep Reinforcement Learning — DRL). У парадигмі DRL агент (судно) навчається приймати оптимальні рішення шляхом взаємодії з симуляційним середовищем, отримуючи «винагороду» за безпечне та ефективне проходження маршруту і «штраф» за небезпечні зближення або порушення правил. Це дозволяє системі виробляти складні евристичні поведінки, адаптивні до невизначеності реального світу. Нейронні

мережі також використовуються для прогнозування намірів інших суден, аналізуючи їхню кінематику та історичні патерни руху. Результатом роботи рівня прийняття рішень є траєкторія руху або набір команд (наприклад, «змінити курс на 10 градусів праворуч»), які передаються на виконавчий рівень.

5.2.3. Рівень виконання та управління рухом (Motion Control Layer)

Останньою ланкою в ланцюгу автономного управління є рівень виконання та управління рухом (Motion Control), який забезпечує фізичну реалізацію згенерованих навігаційних рішень. Завданням цього рівня є перетворення абстрактної траєкторії або команд курсу та швидкості на конкретні керуючі сигнали для виконавчих механізмів судна — стернової машини, головного двигуна, гвинто-рульових колонок або підрулюючих пристроїв. Якщо рівень прийняття рішень визначає, «куди» рухатися, то рівень управління рухом відповідає за те, «як» саме реалізувати цей рух з урахуванням фізичних обмежень судна та впливу зовнішнього середовища.

Проектування системи управління рухом для MASS є складним завданням з точки зору теорії автоматичного керування, оскільки судно є об'єктом з високою інерційністю, нелінійною динамікою та недостатньою кількістю керуючих впливів (underactuated system) — наприклад, більшість суден не можуть безпосередньо рухатися боком без спеціальних рушіїв. Крім того, на судно постійно діють зовнішні збурення стохастичного характеру: вітер, хвилювання моря та течії, які намагаються збити його з курсу. Система Motion Control повинна компенсувати ці збурення, забезпечуючи стабільне та точне слідування заданій траєкторії (Path Following) або утримання позиції (Dynamic Positioning).

Архітектура цього рівня зазвичай будується на базі каскадних регуляторів. На нижньому рівні знаходяться локальні контури управління виконавчими механізмами (наприклад, ПД-регулятор положення пера керма або регулятор обертів двигуна). На верхньому рівні застосовуються більш складні алгоритми управління самим судном як об'єктом. Широкого розповсюдження набули методи моделлю-прогнозуючого управління (Model Predictive Control — MPC). MPC

використовує математичну модель динаміки судна для прогнозування його поведінки на певному горизонті часу та обчислює оптимальну послідовність керуючих впливів, які мінімізують відхилення від траєкторії з урахуванням обмежень на роботу механізмів (наприклад, максимальну швидкість перекладки керма).

Важливим аспектом архітектури Motion Control для MASS є інтеграція функцій моніторингу стану та відмовостійкості (Fault Tolerance). Оскільки на борту відсутній екіпаж, здатний втрутитися у випадку поломки, система управління повинна самостійно діагностувати несправності виконавчих механізмів (наприклад, заклинювання керма або падіння потужності двигуна) та автоматично реконфігурувати закон управління для збереження керованості. Це може досягатися шляхом використання дубльованих рушіїв або застосуванням альтернативних стратегій маневрування (наприклад, управління курсом за допомогою диференціальної тяги гвинтів).

5.2.4. Мережева архітектура та інтеграція з береговою інфраструктурою (Connectivity Layer)

Завершуючи огляд архітектури MASS, необхідно наголосити, що автономне судно не є ізольованою сутністю («річчю в собі»), а функціонує як вузол глобальної розподіленої мережі. Для суден другого та третього рівнів автономності, де передбачається можливість дистанційного моніторингу або управління, критично важливим архітектурним елементом стає підсистема зв'язку та інтеграції з береговою інфраструктурою. Цей рівень забезпечує інформаційний міст між бортовими системами судна та Береговим центром управління (Remote Operations Centre — ROC), а також обмін даними з іншими суднами (V2V) та портовими службами.

Архітектура зв'язку MASS будується за принципом гібридності та надлишковості для забезпечення безперервності з'єднання в будь-яких географічних точках. Вона інтегрує різні канали передачі даних:

високошвидкісні супутникові системи (VSAT, L-band, а в перспективі — низькоорбітальні сузір'я типу Starlink) для роботи у відкритому океані, та наземні стільникові мережі (4G/5G/LTE) для широкосмугового зв'язку в прибережних зонах. Перспективним стандартом для обміну навігаційною інформацією є система VDES (VHF Data Exchange System), яка приходить на зміну класичному AIS. Система управління зв'язком автоматично вибирає оптимальний канал залежно від доступності, вартості та необхідної пропускної здатності, забезпечуючи передачу критичних даних (телеметрія, відеопотоки, керуючі команди).

Функціональний розподіл між бортом та берегом є ключовим архітектурним рішенням. У типовій конфігурації бортовий інтелект виконує тактичні завдання реального часу (стабілізація, негайне уникнення зіткнень), де затримка сигналу (latency) є критичною. Береговий центр (ROC) бере на себе функції стратегічного нагляду, планування та втручання у складних нестандартних ситуаціях, де потрібен людський інтелект. Оператор ROC отримує агреговану інформацію від бортової системи ситуаційної обізнаності, що дозволяє йому контролювати декілька суден одночасно.

З переходом до відкритих мережевих інтерфейсів, питання кібербезпеки інтегрується в саму тканину архітектури MASS (Security by Design). Мережева архітектура судна передбачає сувору сегментацію: розділення інформаційних (IT) мереж (розважальні системи, адміністративні дані) та операційних (OT) мереж (навігація, управління двигуном) за допомогою промислових шлюзів та фаєрволів. Критично важливі системи управління ізолюються або мають односпрямовані шлюзи передачі даних (data diodes), щоб унеможливити зовнішнє втручання в контур управління рухом. Впроваджуються криптографічні протоколи захисту каналів зв'язку та системи виявлення вторгнень (IDS), здатні аналізувати мережевий трафік на предмет аномалій. Таким чином, мережевий рівень не лише забезпечує комунікацію, але й виступає першим ешелonom захисту кіберфізичної цілісності автономного судна.

Резюмуючи, архітектура автономної навігації MASS являє собою складний симбіоз передових сенсорних технологій, алгоритмів штучного інтелекту, теорії автоматичного управління та телекомунікацій. Її успішна реалізація залежить від здатності інженерів забезпечити безшовну інтеграцію всіх рівнів — від отримання фотона на матриці камери до повороту пера керма у штормовому океані — гарантуючи при цьому рівень надійності та безпеки, що перевершує можливості людини-оператора.

5.3. Технологічні виклики: сенсори та ситуаційна обізнаність (SA)

Концептуальна рамка ситуаційної обізнаності в автономному судноплаванні

У контексті переходу до експлуатації Морських Автономних Надводних Суден (MASS) концепція ситуаційної обізнаності (Situational Awareness — SA) набуває фундаментально нового онтологічного змісту. У традиційній парадигмі судноводіння SA є когнітивним конструктом, що формується у свідомості людини-оператора на основі візуального спостереження, аудиторної інформації та показань навігаційних приладів. Для автономного судна SA трансформується в цифровий процес збору, інтеграції та інтерпретації даних про навколишнє середовище, стан самого судна та прогнозовані зміни обстановки. Цей процес є критично важливою передумовою для безпечної навігації, оскільки будь-яке рішення алгоритмів управління базується виключно на тій картині світу, яку сформувала система SA. Відповідно, технологічна спроможність MASS замінити або навіть перевершити людські органи чуття стає центральним викликом інженерії автономних систем. Аналіз сучасних досліджень, зокрема робіт *Alamouh* та *Ölçer* (2025) і *Dreyer* та *Olteidal* (2024), дозволяє виокремити ключові технологічні бар'єри на шляху до створення надійної системи SA, які групуються навколо проблем сенсорного забезпечення, інтеграції гетерогенних даних та забезпечення стійкості сприйняття в екстремальних морських умовах.

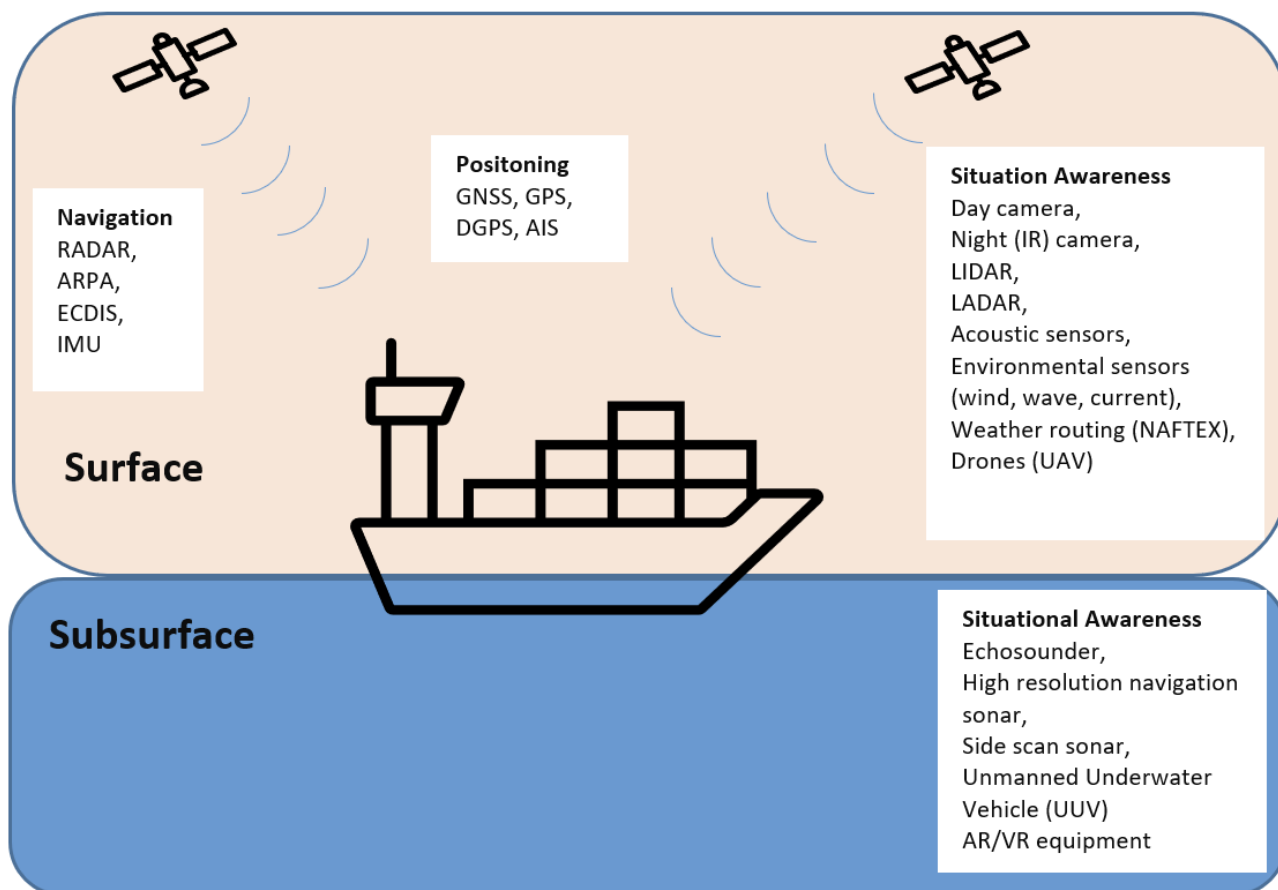


Рисунок 5.2. Ситуаційна Обізнаність (SA) в автономному судноплавстві

5.3.1. Вимоги до сенсорного забезпечення та проблема заміщення людського сприйняття

Фундаментальним викликом при проектуванні MASS є необхідність повної компенсації відсутності екіпажу на борту, що вимагає створення технологічного еквівалента вахтової служби (lookout duties). Міжнародні правила запобігання зіткненню суден (МППСС-72) вимагають ведення «належного спостереження» (proper lookout) за допомогою зору, слуху та всіх наявних засобів. Для автономної системи це означає необхідність не просто детектувати об'єкти, а й розуміти контекст навігаційної ситуації. Це диктує безпрецедентно високі вимоги до сенсорного комплексу MASS, який повинен забезпечувати

безперервний, всепогодний та сферичний (360 градусів) огляд у чотирьох вимірах (простір та час).

На відміну від конвенційних суден, де сенсори виконують допоміжну функцію, на MASS вони стають єдиним каналом зв'язку з реальністю. Це зумовлює необхідність впровадження принципу надлишковості (redundancy) та різноманітності (diversity) сенсорів. Система не може покладатися на один тип датчиків, оскільки кожен з них має фізичні обмеження. Наприклад, радары ефективні на великих дистанціях, але мають "мертві зони" поблизу судна і погано розрізняють тип об'єкта. Оптичні камери надають детальну інформацію про класифікацію об'єктів (колір буя, вогні судна), але їх ефективність критично залежить від освітлення та прозорості атмосфери. Тому архітектура MASS повинна базуватися на мультиспектральному підході, поєднуючи дані радіолокації, лідарів, оптичного та інфрачервоного діапазонів, а також акустичних сенсорів.

Окремим викликом є забезпечення «когнітивної глибини» сприйняття. Людина-судноводій здатна інтуїтивно оцінювати небезпеку, наприклад, розрізняючи хаотичний рух рибальського човна від стабільного курсу танкера. Автономна система повинна не лише вимірювати кінематичні параметри (швидкість, курс), але й класифікувати об'єкти та прогнозувати їхню поведінку. Це вимагає від сенсорної системи високої роздільної здатності та частоти оновлення даних, що, в свою чергу, породжує проблему обробки та передачі величезних масивів інформації (Big Data).

5.3.2. Виклики сенсорного злиття (sensor fusion) як критичної технології

Центральною проблемою в області SA є не стільки збір даних, скільки їх інтеграція та інтерпретація. Жоден окремий сенсор не здатен надати повну та достовірну картину навігаційної обстановки в усіх умовах експлуатації. Більше того, дані від різних датчиків часто бувають суперечливими, зашумленими або розсинхронізованими у часі та просторі. Наприклад, радар може детектувати

ціль, яку не бачить камера через туман, або лідар може сприйняти бризки хвиль як перешкоду. Вирішенням цієї проблеми займається технологія сенсорного злиття (Sensor Fusion), яка визнається експертами як «наріжний камінь» автономності високих рівнів (Уровень 3 та 4).

Технологічний виклик сенсорного злиття полягає у розробці робастних алгоритмів, здатних об'єднувати (fuse) різномірні потоки даних у єдину когерентну модель світу (World Model) в режимі реального часу. Цей процес відбувається на кількох рівнях. На рівні необроблених даних (Low-Level Fusion) об'єднуються пікселі зображень та хмари точок лідарів для покращення детекції. На рівні ознак (Feature-Level Fusion) співставляються характеристики об'єктів, виділені різними сенсорами. На рівні рішень (Decision-Level Fusion) об'єднуються результати класифікації та трекінгу від незалежних підсистем.

Складність завдання посилюється необхідністю врахування специфічних похибок кожного типу сенсорів та їхньої залежності від умов середовища. Алгоритми сенсорного злиття, такі як фільтри Калмана, байєсівські мережі або сучасні методи на основі глибоких нейронних мереж, повинні динамічно зважувати довіру до кожного джерела інформації. Якщо камера «засліплена» сонцем, система повинна автоматично знизити пріоритет її даних і покладатися більше на радар або лідар. Крім того, система має бути здатною до асоціації даних — коректного визначення того, що різні сенсорні відгуки належать одному й тому ж фізичному об'єкту, уникаючи дублювання цілей або створення «фантомів».

5.3.3. Аналіз обмежень та викликів індивідуальних сенсорних технологій

Для глибшого розуміння проблематики SA необхідно детально розглянути специфічні виклики, пов'язані з ключовими сенсорними технологіями, що складають «очі та вуха» автономного судна.

А. Лідар (LiDAR/LADAR) та проблема морської стійкості

Лідар (Light Detection and Ranging) вважається однією з найбільш перспективних технологій для MASS, оскільки дозволяє отримувати точну тривимірну карту навколишнього простору (хмару точок) з високою роздільною здатністю. Це критично важливо для швартування, навігації у вузькостях та класифікації об'єктів. Однак впровадження лідарів у морському середовищі стикається з серйозними перешкодами. По-перше, більшість комерційних лідарів розроблені для автомобільної індустрії і не володіють достатньою «морською міцністю» (marine robustness). Агресивне середовище (солоний туман, вібрація, перепади температур) швидко виводить з ладу прецизійну оптику та механіку скануючих систем.

По-друге, фізика поширення лазерного променя робить лідари вразливими до гідрометеорологічних явищ. Туман, дощ, сніг та водяний пил суттєво розсіюють та поглинають сигнал, різко зменшуючи дальність дії та створюючи шуми. Крім того, дзеркальна поверхня спокійної води або, навпаки, піна на хвилях можуть створювати складні оптичні ефекти, що ускладнюють інтерпретацію сцени. Розробка спеціалізованих морських лідарів з відповідними алгоритмами фільтрації погодних перешкод є актуальним інженерним завданням.

Б. Оптичні та інфрачервоні камери: виклики комп'ютерного зору

Системи комп'ютерного зору на базі камер є основним засобом для класифікації об'єктів та розпізнавання візуальних навігаційних засобів (знаків, вогнів). Виклики тут лежать у площині залежності від умов освітлення та видимості. Звичайні денні камери стають неефективними вночі, що вимагає використання низькорівневих (low-light) камер або тепловізорів (IR). Інфрачервоні камери дозволяють бачити теплові сигнатури об'єктів у темряві, але мають низьку роздільну здатність і не здатні розрізняти кольори навігаційних вогнів або написів на бортах суден.

Специфічним викликом для морського комп'ютерного зору є нестабільність платформи. Хитами судна призводить до постійного зміщення горизонту та розмиття зображення, що ускладнює роботу алгоритмів детекції та трекінгу.

Необхідність стабілізації зображення (механічної або цифрової) збільшує складність та вартість системи. Крім того, масиви відеоданих генерують величезний трафік, який неможливо передати на берег через вузькі супутникові канали, що вимагає потужних обчислювальних ресурсів на борту (Edge Computing) для локальної обробки та стиснення інформації.

В. Акустичні сенсори та виконання МППСС

Часто недооціненим, але критичним аспектом SA є аудіальний контроль. Правила МППСС зобов'язують судна подавати та слухати звукові сигнали (гудки, дзвони) в умовах обмеженої видимості для попередження зіткнень. Автономне судно повинно мати «електронні вуха» — масив мікрофонів, здатних не лише детектувати звук, а й визначати напрямок на його джерело та класифікувати тип сигналу на тлі шуму вітру, хвиль та власного двигуна. Це вимагає розробки складних алгоритмів аудіоаналізу та шумозаглушення, специфічних для морського середовища.

Г. Радіолокація та проблема інтерпретації

Радари залишаються найбільш надійним сенсором для дальнього виявлення, однак і вони мають обмеження. Традиційні радари погано розрізняють малі об'єкти (наприклад, дерев'яні рибальські човни або пластикові яхти) на фоні хвилювання моря (sea clutter). Для MASS потрібні радари нового покоління (наприклад, твердотільні широкосмугові радари) з алгоритмами автоматичного супроводу цілей (ARPA), які інтегровані в загальну систему сенсорного злиття. Проблемою залишається також інтерпретація радарного зображення: відрізнити реальну ціль від хибної відмітки автоматично значно складніше, ніж це робить досвідчений оператор.

5.3.4. Виклики верифікації та валідації систем SA

Окремим кластером проблем є питання верифікації та валідації (V&V) систем ситуаційної обізнаності. Як довести, що система SA автономного судна є надійною та безпечною перед випуском її в море? Традиційні методи тестування

програмного забезпечення є недостатніми для систем, що базуються на машинному навчанні (AI/ML), оскільки їхня поведінка є ймовірнісною та залежить від навчальних даних.

Існує проблема «рідкісних подій» (edge cases) — ситуацій, які трапляються вкрай рідко, але мають критичне значення для безпеки (наприклад, зустріч з напівзатопленим контейнером або нестандартна поведінка іншого судна). Зібрати достатньо реальних даних для навчання нейромереж на такі випадки вкрай важко. Це змушує розробників покладатися на синтетичні дані та симуляційні середовища, однак виникає питання адекватності (sim-to-real gap) — наскільки точно симуляція відображає фізику та хаос реального морського середовища. Відсутність стандартизованих методик та метрик для оцінки якості SA є серйозним бар'єром для сертифікації MASS класифікаційними товариствами.

Підсумовуючи, технологічні виклики у сфері сенсорів та ситуаційної обізнаності є одними з найскладніших на шляху до автономного судноплавства. Створення надійної системи SA вимагає не просто встановлення камер та радарів, а розробки інтелектуальної архітектури сенсорного злиття, здатної адаптуватися до динамічного та агресивного морського середовища, компенсувати обмеження окремих датчиків та забезпечувати рівень сприйняття, що перевищує можливості людини. Вирішення цих завдань лежить на перетині фізики, електроніки, комп'ютерного зору та штучного інтелекту, що робить цей напрямок одним з найбільш наукоємних у сучасній морській інженерії.

Висновки

Проведений аналіз проблематики сенсорного забезпечення та ситуаційної обізнаності (SA) для Морських Автономних Надводних Суден (MASS) дозволяє зробити висновок, що створення технологічного еквівалента людського сприйняття є одним із найбільш складних інженерних завдань на шляху до повної автономності. Якщо автоматизація виконавчих механізмів (рулів, двигунів) вже досягла високого рівня зрілості, то здатність судна адекватно

«бачити» та «розуміти» навколишнє середовище все ще стикається з фундаментальними обмеженнями фізики сенсорів та алгоритмів обробки даних.

Ключовим висновком є те, що жодна окрема сенсорна технологія — чи то радар, чи лідар, чи камера — не може гарантувати надійність сприйняття у всьому спектрі експлуатаційних умов (All-Weather Capability). Це диктує безальтернативність підходу, заснованого на мультимодальному сенсорному злитті (Sensor Fusion). Успіх впровадження MASS безпосередньо залежить від прогресу в розробці алгоритмів, здатних ефективно інтегрувати суперечливі та зашумлені потоки даних, формуючи єдину верифіковану модель світу.

Особливої уваги потребує проблема морської стійкості (marine robustness) обладнання. Технології, запозичені з автомобільної індустрії (наприклад, лідари), вимагають суттєвої адаптації до агресивного морського середовища. Крім того, критичним бар'єром залишається відсутність стандартизованих методик верифікації систем SA, заснованих на штучному інтелекті, що ускладнює їх сертифікацію класифікаційними товариствами та регуляторами.

Таким чином, подальші дослідження у цій сфері повинні фокусуватися не стільки на підвищенні роздільної здатності окремих датчиків, скільки на вдосконаленні архітектури сенсорного злиття, підвищенні інтерпретаційної здатності алгоритмів та розробці надійних методів тестування систем сприйняття в умовах реального морського хаосу.

РОЗДІЛ 6

РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ СУДНА В РЕЙСІ

6.1 Розвиток міжнародної торгівлі вугіллям

Всупереч глобальному консенсусу щодо необхідності декарбонізації та зниження антропогенного навантаження на довкілля, світовий попит на вугілля демонструє стійкість, а в низці регіонів — історичні максимуми. Після періоду невизначеності глобальне споживання вугілля останніми роками вийшло на плато з тенденцією до зростання, подолавши позначку у 8,5 млрд тонн. Основними рушіями цього процесу залишаються Китай, Індія та країни Південно-Східної Азії, де вугільна генерація продовжує домінувати в енергобалансі, забезпечуючи понад третину світового виробництва електроенергії. Для багатьох економік, що розвиваються, вугілля, як і раніше, виступає безальтернативним гарантом енергетичної безпеки та доступним ресурсом для підтримки темпів індустріалізації.

Ресурсна база галузі залишається надійним фундаментом для довгострокового планування. Світові доведені запаси вугілля перевищують 1 трильйон тонн, що за поточних темпів видобутку забезпечує людство паливом більш ніж на 130 років. Цей показник суттєво перевершує аналогічні показники забезпеченості нафтою та природним газом, роблячи вугілля найменш дефіцитним викопним паливом. Географічна структура запасів також сприяє стабільності ринку: лідерство утримують країни Азійсько-Тихоокеанського регіону, на які припадає понад 40% світових резервів, за ними йдуть країни Північної Америки та пострадянського простору.

Трансформація міжнародної торгівлі вугіллям останніми роками характеризується зміщенням центрів споживання та ускладненням логістичних ланцюгів. Якщо раніше ключовим фактором була простота доступу, то сьогодні

на перший план виходять питання енергобезпеки на тлі волатильності ринків вуглеводнів. Китай та Індія зміцнили свої позиції як провідні імпортери, компенсуючи внутрішній дефіцит та структурні перебудови власних видобувних галузей. При цьому експортні потоки консолідуються навколо обмеженого кола країн-постачальників, серед яких домінують Індонезія та Австралія.

Стійкий попит та інтенсифікація міжнародної торгівлі вугіллям у сучасних умовах зумовлені комплексом чинників. По-перше, вугілля зберігає статус найбільш доступного та надійного джерела базової генерації в умовах нестабільності цін на природний газ та СПГ. По-друге, триває процес географічної переорієнтації галузі: згортання видобутку в традиційних вугільних державах Європи компенсується нарощуванням потужностей в Азії. По-третє, глобалізація ринку та розвиток портової інфраструктури підвищили ефективність морських перевезень, дозволивши гнучко реагувати на локальні дефіцити енергії. Нарешті, незважаючи на розвиток ВДЕ, вугілля залишається критично важливим для металургії та промисловості країн, що не мають доступу до дешевого газу. Таким чином, розвиток світового вугільного ринку трансформувався з інерційного процесу в стратегічний тренд, що дозволяє національним економікам знижувати вразливість перед геополітичними шоками та забезпечувати стабільність енергосистем у перехідний період.

6.2 Розрахунок кількісних та якісних показників роботи судна в рейсі

Розрахунок виконаний на підставі завдання і даних, отриманих у попередніх розділах цієї дипломної роботи, взятих із суднової документації при роботі на переддипломної практиці, з довідкових матеріалів кафедри М і ЕМТ НУ«ОМА», прейскурантів, тарифів та ін. Вихідні дані рейсу т/х «CAPE ACE» з порту Richards Bay в порт Vitoria зведені в табл. 6.1.

Таблиця 6.1 Початкові дані для розрахунку рейсу

№ п/п	Найменування показників	Умовні позначення	Одиниця вимірювання	Значення
1	2	3	4	5
1	Дедвейт т/х «CAPE ACE»	Δ_w	тон	174095,8
2	Запаси на початок рейсу	G_p	тон	2336
3	Відстань між портами	L	милі	4081,6
4	Кількість навантаженого вантажу: вугілля	ΣQ_m	т	158166
5	Фрахтова ставка за 1т вантажу	f	\$/т	10
6	Норми навантаження вантажу	$M_{ван}$	т/ добу	30000
7	Норми вивантаження вантажу	$M_{вив}$	т/ добу	25000
8	Експлуатаційна швидкість	v	екс. вузли	14,0
9	Швидкість в каналах, вузостях	v	кан. вузли	7,0
10	Добова витрата палива на ходу:			
	важке	q^6_x	тон/добу	52,0
	легке	q^l_x	тон/добу	3,0
	легке	$q^l_{ст}$	тон/добу	3,0
11	Ціна 1 тони палива: важке	C_v	\$/т	450
	легке	C_l	\$/т	580
12	Балансова вартість судна	$C_{бал}$	\$	12186706
13	Річна норма амортизації	Ha	%	10
14	Позаексплуатаційний час	T_{ze}	діб.	15
15	Чисельність екіпажу	$Ч_{ек}$	чол.	25
16	Час затримки в дорозі	$t_{зат}$	діб.	0,25
17	Додатковий час в портах стоянки	$t_{дод}$	год.	6
18	Заробітна платня	$R_{зн}$	\$/добу	3000

Продовження табл.6.1

19	Витрати на технічне постачання	$R_{т.пос}$	\$/добу	500
20	Навігаційні витрати	$R_{нав}$	\$/добу	420
21	Портові збори	$R_{порт}$	\$	64250
22	Агентство суден	$R_{аг}$	\$/добу	250
23	Витрати на страхування судна	$R_{стр}$	\$/добу	450
24	Витрати на ремонт	$C_{рем}$	\$/мр.п.	1200000
25	Вартість одного доковання	$C_{док}$	\$	150000

При розрахунку кількісних показників роботи судна в рейсі використовуємо дані рейсового завдання.

1. Розраховуємо чисту вантажопідйомність судна:

$$\Delta_{ч} = \Delta_{w} - G_{зан}, \quad (6.1)$$

$$\Delta_{ч} = 174095,8 - 2336 = 171760 \text{ т}$$

2. Розраховуємо експлуатаційний період роботи судна:

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

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

$$T_{екс} = 365 - 15 = 350 \text{ діб}$$

3. Розраховуємо час рейсу:

- ходовий час:

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

$$t_x = 4081,6 / (14,0 \times 24) + 0,25 = 11,9 \text{ діб}$$

- стоянковий час:

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

$$t_{cm} = 158166 / 30000 + 158166 / 25000 + 6 / 24 = 3,3 \text{ діб.}$$

- час рейсу складе:

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

$$t_p = 11,9 + 3,3 = 15,2 \text{ діб}$$

4. Розрахуємо провізну спроможність судна:

- зроблено тонно-миль за рейс:

$$\Sigma QL = 158166 \times 1665 = 263346390 \text{ тонно-миль/рейс}$$

- зроблено тоннаже-миль за рейс:

$$\Sigma D_{\text{ч}} L = 171760 \times 1665 = 285980400 \text{ тоннаже-миль/рейс}$$

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

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

$$\Sigma F_{\text{рейс}} = 158166 \times 10 = 1581660 \text{ $/рейс}$$

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

Постійні експлуатаційні витрати судна за добу розраховуємо за формулою:

$$R_{\text{екс.}} = R_{3n} + R_{\text{хар}} + R_{\text{рем}} + R_{\text{ам}} + R_{\text{сн}} + R_{\text{м.нос}} + R_{\text{нав}} + R_{\text{норм}}/t_p + R_{\text{аг}} + R_{\text{стр}}, \quad (6.7)$$

- витрати на заробітну плату (R_{3n}) 3000 \$/добу;

- витрати на харчування екіпажу ($R_{\text{хар}}$) розраховуємо за формулою:

$$R_{\text{хар}} = \text{Ч}_{\text{ек}} \cdot n_{\text{хар}} \quad (6.8)$$

де $n_{хар}$ – норма харчування на одного члена екіпажу 5 – 15 \$/добу на 1 особу.

$$R_{хар} = 25 \times 12 = 300 \text{ \$/добу};$$

- витрати на ремонт ($R_{рем}$) розраховуємо за формулою:

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

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

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

$$R_{рем} = ((150000 + 1200000) / 5) / 350 = 771 \text{ \$/добу}$$

- витрати на амортизацію ($R_{ам}$) розраховуємо за формулою:

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

$$R_{ам} = (12186706 \times 0,1) / 350 = 3482 \text{ \$/добу};$$

- витрати на загальносуднове постачання ($R_{сн}$) розраховуємо за формулою:

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

де $H_{сн}$ – норма постачання;

$$R_{сн} = (12186706 \times 0,02) / 350 = 696 \text{ \$/добу};$$

- витрати на технічне постачання ($R_{т.нос.}$) 500 \$/добу;

- навігаційні витрати, \$/добу ($R_{нав}$) 420 \$/добу;

- портові збори ($R_{порт}$) 64250 \$/рейс;

- витрати з агентування ($R_{аг}$) 250 \$/добу;

- витрати на страхування ($R_{стр}$) 450 \$/добу.

Підставляючи значення в формулу 6.7 розраховуємо постійні експлуатаційні витрати судна за добу:

$$R_{екс} = 3000 + 300 + 771 + 3482 + 696 + 500 + 420 + 64250 / 15,2 + \\ + 250 + 450 = 14096 \text{ \$/ добу}$$

7. Розраховуємо непрямі (адміністративно-управлінські)

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

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

$$R_{кос.} = 14096 \times 0,02 = 282 \text{ \$/добу}$$

8. Знаходимо загальні постійні експлуатаційні витрати судна за добу:

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

$$R_{заг} = 14096 + 282 = 14378 \text{ \$/добу}$$

9. Знаходимо загальні постійні експлуатаційні витрати судна за рейс:

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

$$\Sigma R_{заг.екс} = 14378 \times 15,2 = 218546 \text{ \$/рейс}$$

10. Розраховуємо змінні витрати судна за добу і за рейс:

- витрати на паливо і мастильні матеріали на ходу за добу експлуатації:

$$R_x^e = k_{см} \cdot q_x \cdot Ц_m \quad (6.15)$$

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

$$R_x^e = 1,1 \times 52,0 \times 450 = 25740 \text{ \$ / добу}$$

$$R_{cm}^e = 1,1 \times 3,0 \times 580 = 1914 \text{ \$ / добу}$$

- витрати на паливо і мастильні матеріали на стоянці за добу експлуатації:

$$R_{cm}^e = k_{cm} \cdot q_{cm} \cdot Ц_{\varepsilon} \quad (6.16)$$

$$R_{cm}^e = 1,1 \times 3,0 \times 580 = 1914 \text{ \$ / добу}$$

- витрати на паливо і мастильні матеріали витрати за рейс:

$$\Sigma R_{nep} = (R_x^e \cdot t_x) + (R_{cm}^e \cdot t_{cm}) \quad (6.17)$$

$$\Sigma R_{nep} = (25740 + 1914) \times 11,9 + 1914 \times 3,3 = 335399 \text{ \$ / рейс}$$

11. Знаходимо загальні витрати судна за рейс:

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

$$\Sigma R_{рейс} = 218546 + 335399 = 553945 \text{ \$ / рейс}$$

12. Знаходимо прибуток судна за рейс:

$$\Sigma П_{рейс} = \Sigma F_{рейс} - \Sigma R_{рейс}. \quad (6.19)$$

$$\Sigma П_{рейс} = 1581660 - 553945 = 1027715 \text{ \$ / рейс}$$

Прибуток судна т/х «CAPE ACE» з порту Richards Bay в порт Vitoria з вантажем вугілля за рейс склав 1027715 \$/рейс.

Якісні показники роботи судна в рейсі розраховуємо за методикою:

1. Коефіцієнт використання календарного періоду:

$$K_e = \frac{T_{екс}}{T_{к}}, \quad (6.20)$$

$$K_e = 350 / 365 = 0,959$$

2. Коефіцієнт завантаження судна:

$$\alpha_3 = \frac{\Sigma Q}{\Sigma D_u}, \quad (6.21)$$

$$\alpha_3 = 136078 / 171760 = 0,792$$

3. Середньодобова експлуатаційна швидкість:

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

$$V_{cp} = 1665 / 11,9 = 140$$

4. Коефіцієнт ходового часу:

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

$$\varepsilon_x = 11,9 / 15,2 = 0,783$$

5. Продуктивність однієї тони вантажопідйомності судна в добу експлуатації:

$$\mu_6 = \alpha_3 \cdot V_{cp.} \cdot \varepsilon_x, \quad (6.24)$$

$$\mu_6 = 0,792 \times 140 \times 0,783 = 86,82$$

6. Валова прибутковість одних судно-днів:

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

$$\mu = 1581660 / 15,2 = 104057 \text{ \$/доба}$$

7. Собівартість перевезення однієї тони вантажу в рейсі:

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

$$S_m = 553945 / 136078 = 4,07 \text{ \$/т}$$

8. Собівартість 1 тонно-милі в рейсі:

$$S_{m-м} = \Sigma R_{\text{рейс}} / \Sigma Ql, \quad (6.27)$$

$$S_{m-м} = 553945 / 263346390 = 0,0021035 \text{ \$/т-м}$$

9. Собівартість утримання судна в добу експлуатації:

$$S_{c-c} = \Sigma R_{\text{рейс}} / t_p \quad (6.28)$$

$$S_{c-c} = 553945 / 15,2 = 36444 \text{ \$/доб.екс}$$

10. Рівень прибутковості являє відношення доходів до витрат:

$$PF = \Sigma F_{\text{рейс}} / \Sigma R_{\text{рейс}} \quad (6.29)$$

$$PF = 1581660 / 553945 = 2,86$$

При $PF > 1$ рейс прибутковий. Рівень доходності (target yield) — показник розрахунку ефективності виконаного рейсу заснований на аналізі кількісних та якісних показників роботи судна в рейсі.

6.3 Прогнозування роботи судна, оцінка ефективності рейсу

Якісні показники роботи судна за експлуатаційний період розраховуємо з урахуванням розрахованого експлуатаційного період роботи судна за формулою (6.2) за методикою:

1. Число рейсів за експлуатаційний період:

$$Ч_p = T_{екс} / t_p \quad (6.30)$$

$$Ч_p = 350 / 15,2 = 23,02$$

2. Обсяг перевезеного вантажу за експлуатаційний період:

$$\Sigma Q_{екс} = \Sigma Q Ч_p \quad (6.31)$$

$$\Sigma Q_{екс} = 136078 \times 23,02 = 3132516 \text{ т / рік}$$

3. Обсяг транспортної роботи за експлуатаційний:

$$\Sigma Ql_{екс} = \Sigma Ql Ч_p \quad (6.32)$$

$$\Sigma Ql_{екс} = 263346390 \times 23,02 = 6062233898 \text{ т-миль / рік}$$

4. Дохід за експлуатаційний період:

$$\Sigma F_{екс} = \Sigma F_{рейс} \cdot Ч_p \quad (6.33)$$

$$\Sigma F_{екс} = 1581660 \times 23,02 = 36409813 \$ / рік$$

5. Загальні витрати судна за експлуатаційний період:

$$\Sigma R_{екс} = R_{рейс} \cdot Ч_p \quad (6.34)$$

$$\Sigma R_{екс} = 553945 \times 23,02 = 12751814 \$ / рік$$

6. Прибуток судна за експлуатаційний період:

$$\Sigma\Pi = \Pi_p \cdot \mathcal{C}_p \quad (6.35)$$

$$\Sigma\Pi = 1027715 \times 23,02 = 23657999 \$ / \text{рік}$$

7. Рівень прибутковості роботи судна за експлуатаційний період:

$$\Sigma PF = \Sigma F_{\text{екс}} / \Sigma R_{\text{екс}} \quad (6.36)$$

$$PF = 36409813 / 12751814 = 2,86$$

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

Таблиця 6.2 Кількісні і якісні показники виконаного рейсу

№ п/п	Найменування показників	Умовні позначення	Одиниця вимірювання	Значення
1	Валовий дохід	F	\$	1581660
2	Затрати загальні	R	\$	553945
3	Прибуток	Π	\$	1027715
4	Коефіцієнт ходового часу	ε_x		0,783
5	Середньодобова експлуатаційна швидкість	V_{cp}	милі/добу	140
6	Дохідність судна	μ	\$/добу	104057
7	Рівень дохідності	PF		2,86
8	Собівартість перевезення 1 т вантажу	S_T	\$/т	4,07
9	Собівартість утримання судна за добу експлуатації	S_{C-C}	\$/добу	36444

В результаті проведених розрахунків, наведених у табл. 6.2. слід зазначити, що виконаний рейс є прибутковим. Рівень прибутковості 2,86, прибуток 1027715 \$ за рейс, а за експлуатаційний період прибуток складе 23657999 \$. Судно «CAPE ACE» доцільно використовувати на даній лінії.

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)

Пасажи́рське судно «OCEAN MAJESTY» очікує дозволу на вхід в порт Чітагонг (Бангладеш). Було отримано повідомлення про захоплення невідомими особами судна-контейнеровоза, який стоїть на якорі в районі зовнішнього рейду. На судні-контейнеровозі стався вибух, в наслідок якого пошкоджено багатoeлементний газовий контейнер (БЕГК). З аварійної БЕГК на палубу контейнеровоза вилилося 10 т сірчистого ангідриду, що є сильнодіючою отруйною речовиною (СДОР). Характер розливу - «вільно».

Метеорологічні умови на момент виникнення надзвичайної ситуації: час 15:00, температура повітря 30°, Швидкість вітру 5 м/с, вітер зустрічний, суцільна хмарність. Відстань до аварійного судна-контейнеровоза - 1 км. Місцевість відкрита, характер – водна поверхність.

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

Визначити стандартні робочі процедури по прийняттю відповідних заходів у разі захоплення заручників.

7.1.2. Оцінка масштабів хімічного зараження території

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

1) Визначення ступеня вертикальної стійкості повітря

За заданими метеорологічними умовами (час доби – день, швидкість вітру 5 м/с, суцільна хмарність) за допомогою табл. 7.1 визначаємо: на момент виникнення надзвичайної ситуації ступінь вертикальної стійкості повітря.

Таблиця 7.1 – Визначення ступеня вертикальної стійкості повітря за прогнозом погоди

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

2) Розрахунок еквівалентної кількості СДОР у первинній хмарі

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

$$Q_{\text{эл}} = K_1 \cdot K_3 \cdot K_5 \cdot K_7^I \cdot Q_0 = 0,11 \cdot 0,333 \cdot 0,23 \cdot 1,3 \cdot 10 = 0,1 \text{ т}, \quad (7.1)$$

де $K_1 = 0,11$ – коефіцієнт, що залежить від умов зберігання СДОР (табл. 7.2);
 $K_3 = 0,333$ – коефіцієнт, що дорівнює відношенню порогової токсодози хлору до порогової токсодози сірчистого ангідриду; $K_5 = 0,23$ – коефіцієнт, що враховує ступінь вертикальної стійкості повітря; $K_7^I = 1,3$ – коефіцієнт, що

враховує вплив температури повітря на швидкість утворення первинної хмари;
 $Q_0 = 10$ т – кількість розлитого сірчистого ангідриду.

Таблиця 7.2 – Характеристики СДОР і значення допоміжних коефіцієнтів

Найме- нування СДОР	Щільність СДОР, т/м ³		Температура кіпіння	Порогова токсодоза, мг • хв / л	Значення допоміжних коефіцієнтів							
	Ізометрмічне зберігання				К1	К2	К3	К7 для температури повітря (°C)				
	Газ	Рідина						-40	-20	0	20	30
Сірчистий ангідрид	0,0029	1,462	-10	1,8	0,11	0,049	0,333	<u>0</u> 0,2	<u>0,3</u> 0,5	<u>0,3</u> 1	<u>1</u> 1	<u>1,3</u> 1

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

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

Площа розливу S_p (м²) сірчистого ангідриду дорівнює:

$$S_p = \frac{V_p}{h} = \frac{Q_0/\rho}{h} = \frac{10/1,462}{0,05} = 136,8 \text{ м}^2 \quad (7.2)$$

де V_p – об'єм хлористого водню, що розлився, м³; $Q_0 = 10$ т – кількість аміаку, що розлився при аварії; $\rho = 1,462$ т/м³ – щільність сірчатого ангідриду (табл. 7.2); $h = 0,05$ м – товщина шару аміаку для характеру розливу – «вільно».

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

Розраховуємо тривалість вражаючої дії T (год.) сірчистого інгідриду:

$$T = \frac{h \cdot \rho}{K_2 \cdot K_4 \cdot K_7^{II}} + \frac{1}{K_M \cdot V_{II}} = \frac{0,05 \cdot 1,462}{0,049 \cdot 2,34 \cdot 1} + \frac{1}{1 \cdot 29} = 0,67 \text{ год.} = 40 \text{ хв.} \quad (7.3)$$

де: $K_2 = 0,049$ – коефіцієнт, що залежить від фізико-хімічних властивостей сірничного ангідриду, що наведено в таблиці 7.2; $K_4 = 2$ – коефіцієнт, що враховує швидкість вітру, що наведено в таблиці 7.3; $K_7^{\text{II}} = 1$ – коефіцієнт, що враховує вплив температури навколишнього повітря на швидкість утворення вторинної хмари, що наведено в таблиці 7.2; $K_m = 1$ – коефіцієнт, що враховує вплив місцевості на швидкість поширення хмари сірчастого ангідриду, що наведено в табл. 7.4; $V_{\text{п}} = 29$ км/год – швидкість перенесення переднього фронту хмари зараженого повітря, що наведено в табл. 7.5.

Таблиця 7.3 - Значення коефіцієнту K_4 залежно від швидкості вітру

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

Таблиця 7.4 - Значення коефіцієнту K_m залежно від впливу характеру місцевості

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

Таблиця 7.5 - Швидкість (км/год) перенесення $V_{\text{п}}$ переднього фронту хмари зараженого повітря залежно від швидкості вітру

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

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

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

$$= (1-0,11) \cdot 0,049 \cdot 0,333 \cdot 1 \cdot 2,34 \cdot 0,23 \cdot 1 \cdot \frac{10}{0,05 \cdot 1,462} = 1,07 \text{ т}, \quad (7.4)$$

Де $K_6 = 1$ – коефіцієнт, що залежить від часу N , що пройшов з моменту початку аварії; за умовами завдання $N = 1$ год (при $T < 1$ ч K_6 приймається для 1 год).

4) Визначення глибини і площі зони зараження

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

Таблиця 7.6 - Глибина (км) зони зараження

Швидкість вітру, м/с	Еквівалентна кількість СДОР, т								
	0,01	0,05	0,1	0,5	1	3	5	10	20
1 и 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

Для $Q_{e1} = 0,1$ т та швидкості вітру $u = 5$ м/с визначаємо глибину зони зараження вторинною хмарою сірковуглецю: $\Gamma_2 = 0,53$ км.

Для $Q_{e2} = 1,07$ т та швидкості вітру $u = 5$ м/с визначаємо глибину зони зараження вторинною хмарою сірковуглецю: $\Gamma_2 = 1,68$ км.

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

$$\Gamma_{\Sigma} = \Gamma' + 0,5 \cdot \Gamma'' = 1,68 + 0,5 \cdot 0,53 = 1,945 \text{ км}, \quad (7.5)$$

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

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

$$\Gamma_{\Pi} = N \cdot V_{\Pi} = 1 \cdot 29 = 29 \text{ км.} \quad (7.6)$$

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

$$\Gamma = \min \begin{cases} \Gamma_{\Sigma} \\ \Gamma_{\Pi} \end{cases} = 1,945 \text{ км.} \quad (7.7)$$

Визначаємо площу зони можливого зараження S_B (км²) хмарою аміаку:

$$S_B = \pi \cdot \Gamma^2 \cdot \varphi / 360^\circ = 3,14 \cdot 1,945^2 \cdot 45^\circ / 360^\circ = 1,48 \text{ км}^2, \quad (7.8)$$

де $\Gamma = 1,945$ км – розрахункова глибина зони зараження; $\varphi = 45^\circ$ – кутовий розмір зони зараження, що наведено в табл. 7.7.

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

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

Визначаємо площу зони фактичного зараження S_{Φ} (км²):

$$S_{\Phi} = K_8 \cdot \Gamma^2 \cdot N^{0,2} = 0,133 \cdot 1,945^2 \cdot 1^{0,2} = 0,26 \text{ км}^2, \quad (7.9)$$

де: $K_8 = 0,133$ – коефіцієнт, що залежить від ступеня вертикальної стійкості повітря – ізотермії (при інверсії приймається 0,081; при ізотермії – 0,133; при конвекції – 0,235).

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

Територія можливого хімічного зараження представляє собою сектор, що має кутовий розмір $\varphi = 45^0$, згідно з табл. 7.7 і радіус, який дорівнює значенню розрахунковій глибині зони зараження $\Gamma = 1,94$ км. Центр сектора співпадає з джерелом зараження – місцем розливу сірчистого ангідриду. Бісектриса сектора співпадає з віссю сліду хмари та орієнтована по напрямку вітру.

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

Розраховуємо глибину зони смертельних уражень Γ (км):

$$\Gamma_1 = \lambda \cdot K_m \cdot \left(\frac{Q_3}{D_l} \right)^\Psi = 1,34 \cdot 1 \cdot \left(\frac{1,17}{6} \right)^{0,542} = 0,555 \text{ км}, \quad (7.10)$$

де $\lambda = 1,34$; $\Psi = 0,542$ – коефіцієнти, що залежать від швидкості вітру, наведено у табл. 7.8; $Q_3 = Q_{31} + Q_{32} = 0,1 + 1,07 = 1,17$ т. – загальна еквівалентна кількість СДОР, що перейшла в первинну і вторинну хмару; $D = 6$ мг.хв/л – летальна токсодоза для хлору.

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

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

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

$$\Gamma_{0,41} = \lambda \cdot K_m \cdot \left(\frac{Q_3}{D_{0,41}} \right)^\Psi = 1,34 \cdot 1 \cdot \left(\frac{1,17}{2,4} \right)^{0,542} = 0,91 \text{ км}. \quad (7.11)$$

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

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

$$\Gamma_{0,2l} = \lambda \cdot K_M \cdot \left(\frac{Q_3}{D_{0,2l}} \right)^\Psi = 3,73 \cdot 0,2 \cdot \left(\frac{0,74}{1,2} \right)^{0,606} = 1,33 \text{ км}, \quad (7.12)$$

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

Глибина зони легких уражень відповідає значенню розрахунковій глибині зони зараження $\Gamma = 1,94 \text{ км}$.

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

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

$$t = \frac{x}{K_M \cdot V_\Pi} = \frac{1}{1 \cdot 29} = 0,034 \text{ год.} \approx 2 \text{ хв.} \quad (7.13)$$

де $x = 1 \text{ км}$ – відстань від джерела зараження до заданого об'єкту.

7.1.3. Висновки і рекомендовані заходи для зменшення людських втрат

Проведена оцінка масштабів хімічного зараження території в результаті аварійного розливу сірчистого ангідриду в районі зовнішнього рейду порта Чітагонг (Бангладеш) показала, що хмара зараженого повітря досягає межі житлової надбудови судна, де укритися екіпаж, через 2 хв. В результаті утворення зони хімічного зараженого приміщення надбудови судна, де знаходиться екіпаж судна, потрапляють в зону важких уражень, що у свою чергу є серйозною загрозою для життя моряків.

При досить швидкому підході зараженого повітря до житлової надбудови дія вражаючих концентрацій хмари може тривати майже 40 хвилин. Потужна сила вітру (5 м/с) забезпечує збереження вражаючих концентрацій на глибині до 1,94 км.

Для зменшення людських втрат пропонується виконати наступні заходи:

- якнайскоріше прибрати усіх людей з палуби всередину надбудови судна;

- по можливості максимально герметизувати усі приміщення в надбудові судна, в яких укритися екіпаж;
- використати наявні на судні дихальні апарати, при цьому забезпечити контроль часу знаходження людей в апаратах (захисна дія дихальних апаратів обмежена часом у 30 хв.);
- по можливості розгорнути судно за вітром, щоб хмара зараженого повітря рухалася в бік від надбудови судна;

7.2. Заходи у разі захоплення заручників

В останні роки почастишали випадки захоплення торгових суден морськими піратами з метою отримання вигоди. Експерти спостерігають позитивну статистику в кількості взятих в полон членів екіпажів, але, не дивлячись на те, що в полоні у піратів знаходиться менше моряків, ніж це було раніше.

У разі захоплення потрібно діяти відповідно до Ship Contingency Plan. Сповістити компанію, подати Distress сигнал та активувати спеціальну кнопку тривожності SSAS. Далі потрібно оголосити загальну тривогу і, відповідно за аварійним планом судна, подати оголошення «Піратська атака» Всі члени екіпажу, за винятком тих, які повинні бути присутніми на містку, або в машинному відділенні, повинні зібратися в безпечної точці збору або цитаделі, якщо така побудована, щоб мати максимальну можливу захист від вогню.

До того, як пірати потраплять на капітанський місток, повідомте про напад в компанію або в морський центр безпеки. Якщо є час, повідомити подробиці непередбаченого контакту і точне місце вашого розташування Maritime Security Centre Horn of Africa (MSCHOA) або в International Maritime Bureau.

В ніякому разі не чинити опір, інакше (це може привести до насильства і фізичного збитку для членів екіпажу). Залишайтеся спокійними і повністю співпрацюйте з піратами.

ВИСНОВКИ

При виконанні магістерської роботи зроблений опис характеристик судна CAPE ACE. Проаналізований перехід за маршрутом Річардс-Бей– Віторія. Пелепас з навігаційної точки зору. Визначена гідрометеорологічна обстановка на переході — розшифровані "рози вітрів", визначений атмосферний тиск і кліматичний режим для різних ділянок переходу.

Оброблений та розміщений вантаж, а також виконана оцінка морехідних якостей судна. Проаналізовані критерії ІМО щодо остійності в непошкодженому стані та зроблена оцінка місцевої і загальної міцності корпусу судна. Отримані результати аналізу етапів запланованого рейсу задовольняють критерії безпеки судноплавства та відповідають діючій міжнародній нормативно-правовій базі, що регламентує перевезення вантажів морськими шляхами.

У дослідницькому розділі проаналізовано концептуальні основи та принципи функціонування автономних навігаційних систем MASS

У наступних розділах розраховані економічні показники роботи судна в рейсі за основним маршрутом. Виконані завдання з питань охоронних заходів і цивільного захисту на судні.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Методичні вказівки для виконання магістерської роботи / Укл. І.І. Ворохобін та ін.. - Одеса: НУ«ОМА», 2023. - 100 с
2. Резолюція А.1138(31) «Процедури контролю суден державою порту, 2019». Прийнята 4 грудня 2019 року
3. Резолюція МЕРС.85(44) «Керівництво з розробки суднових планів надзвичайних заходів з боротьби з забрудненням моря нафтою і/або шкідливими рідкими речовинами (зі змінами, внесеними МЕРС.137 (53) 22.07.2005)». Прийнята 13 березня 2000 року.
4. Правила класифікації та побудови суден частина І. Класифікація. Правила по запобіганню забруднення з суден. Бюлетень №4 змін і доповнень. Офіційне видання. Київ: Регістр судноплавства України, 2020. 70 с.
5. Міжнародна Конвенція про підготовку і дипломування моряків та несення вахти 1978 року (консолідований текст з манільськими поправками): українською та англійською мовами, 2012. 567 с.
6. Міжнародна конвенція по запобіганню забрудненню з суден 1973 року змінена Протоколом 1978, International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, 1973, as modified by the Protocol of 1978 relating thereto (MARPOL) з поправками. Міністерство інфраструктури України: веб-сайт. URL:<https://docs.google.com/viewer?embedded=true&url=https://mtu.gov.ua/files/%D0%86MO%20act%208%2007%2018.docx>
7. Міжнародна конвенція з охорони людського життя на морі 1974 року/International Convention for the Safety of Life at Sea, 1974 (SOLAS 1974) з поправками. Міністерство інфраструктури України: веб-сайт. URL: <https://docs.google.com/viewer?embedded=true&url=https://mtu.gov.ua/files/%D0%86MO%20act%208%2007%2018.docx>.

8. Топалов В.П., Торский В.Г. Оцінка ризиків під час експлуатації суден = Risk Assessment in ship's operation's – Вип. 17 – Одеса : Астропринт 2010. – 128 с.
9. Ніколаєва Л. Л. Комерційна експлуатація судна: підручн. [для студ.вищ. учб. зав.] / Л. Л. Ніколаєва. - Одеса: Фенікс, 2006. - 754 с.
10. Савчук В. Д. Технологія перевезення вантажів : підруч. / В. Д. Савчук. Одеса : ВидавІнформ, 2008. – 335 с
11. International convention on Load Lines, 1966/1988 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/896_007
12. International Maritime Dangerous Goods Code (IMDG Code) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://asp.mot.gov.il/media/com_form2content/documents/c3/a830/f27/MSC%20406\(96\).pdf](http://asp.mot.gov.il/media/com_form2content/documents/c3/a830/f27/MSC%20406(96).pdf)
13. Code of Safe Practice for Cargo Stowage and Securing (CSS Code) 1988 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.axelzone.ro/storage/ttm/_lessons/stowage%20&%20securing/CSS%20Code%202011.pdf
14. International Safety Guide for Oil Tankers and Terminals (ISGOTT) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.marinedocs.co.uk/wpcontent/uploads/2017/09/isgott-5TH-EDITION.pdf>
15. Adoption of the International Code on Intact Stability, 2008 (2008 IS Code), Resolution MSC.267(85).
16. Правила класифікації та побудови морських суден. В 5-ти т. Том 2. – Київ: Регістр судноплавства України, 2014.
17. Довідник з теорії корабля: У трьох томах. Том 2. Статика суден. Хитавиця суден/Під ред. Я. І. Войткунського. - Л.: Суднобудування, 1985. – 440 с.
18. Сизов В.Г. Теорія корабля: Підручник. Видання 4-те, перероблене та доповнене. - Одеса: Фенікс, 2008. - 464
19. Методичні вказівки щодо виконання розділу дипломної роботи

20. "Охоронні заходи та цивільна оборона на судні". Спеціальність 7.07010402 (8.07010402) "Судноводіння" / В.Б. Терновський - Одеса: ОНМА, 2015, - 69 с.
21. Безпека та виживання на морі: методичні вказівки для самостійної роботи з виконання дипломної роботи магістра / Укл. Д. Г. Парменова,
22. І. М. Кулешов, Ю. В. Пащенко. – Одеса: НУ «ОМА», 2020. – 36 с.
23. Risk Management in Shipping // Drewry's Report
24. <https://mtu.gov.ua/> - Офіційний сайт Міністерства інфраструктури України
25. <http://www.ukrstat.gov.ua/> - офіційний сайт Державної служби статистики
26. <http://uspa.gov.ua/> – офіційний сайт Адміністрації морських портів України
27. <http://portsukraine.com/> - офіційний сайт журналу «Порти України»
28. <https://unctad.org/en/pages/> - Review of Maritime Transport 2018 (Огляд морського транспорту)
29. Топалов В.П., Торський В.Г., Торський В.В. Аналіз способів оцінки ризиків під час експлуатації судна / Судноплавство: Зб.науч тр. / Онма - Вип. 16 - Одеса : Видавництво Інформ 209. - 186 с.
30. Міжнародний кодекс з управління безпечною експлуатацією суден і запобіганням забрудненню (МКУБ), "з поправками Організації. (Видання 2002 р.)
31. NP 131. Catalogue of Admiralty Charts and Publications. - The United Kingdom Hydrographic Office, 2013.
32. Admiralty List of Radio Signals. Part 1: Maritime Radio Stations: Europe, Africa and Asia (Excluding Far East). NP281(1). Taunton: United Kingdom Hydrographic Office, 2023. 350 p.
33. Admiralty List of Radio Signals. Part 2: Maritime Radio Stations: The Americas, Far East and Oceania. NP281(2). Taunton: United Kingdom Hydrographic Office, 2023. 360 p.
34. Admiralty List of Radio Signals. Radio Navigational Aids, Electronic Position Fixing Systems and Radio Time Signals. NP282. Taunton: United Kingdom Hydrographic Office, 2024. 400 p.

35. Admiralty List of Radio Signals. Part 1: Maritime Safety Information Services: Europe, Africa and Asia (Excluding Far East). NP283(1). Taunton: United Kingdom Hydrographic Office, 2023. 320 p.
36. Admiralty List of Radio Signals. Part 2: Maritime Safety Information Services: The Americas, Far East and Oceania. NP283(2). Taunton: United Kingdom Hydrographic Office, 2023. 330 p.
37. Admiralty List of Radio Signals. Meteorological Observation Stations. NP284. Taunton: United Kingdom Hydrographic Office, 2023. 310 p.
38. Admiralty List of Radio Signals. Global Maritime Distress and Safety System (GMDSS). NP285. Taunton: United Kingdom Hydrographic Office, 2023. 290
39. Admiralty List of Radio Signals. Part 3: Pilot Services, Vessel Traffic Services and Port Operations: Mediterranean and Africa (including Persian Gulf). NP286(3). Taunton: United Kingdom Hydrographic Office, 2023. 340 p.
40. Alamoush A. S., Ölçer A. I. Maritime Autonomous Surface Ships: Architecture for Autonomous Navigation Systems // Journal of Marine Science and Engineering. 2025. Vol. 13, no. 1. P. 122. DOI: <https://doi.org/10.3390/jmse13010122>.
41. Dreyer L. O., Oltedal H. A. Safety Challenges for Maritime Autonomous Surface Ships: A Systematic Review // TransNav: International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation. 2018. Vol. 13, no. 1.
42. Kongsberg. Autonomous Ship Project, Key Facts About Yara Birkeland. 2020.
43. Maritime Safety Committee (MSC). Regulatory Scoping Exercise for the Use of Maritime Autonomous Surface Ships (MASS). International Maritime Organization (IMO), 2019.
44. Son U., Huh J.-H. A Survey of Cyber Security for Maritime Autonomous Surface Ships: Opportunities, Challenges, and Future Directions // IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems. 2025.
45. Wróbel K. Searching for the origins of the myth: 80% human error impact on maritime safety // Reliability Engineering & System Safety. 2021. Vol. 216. Art. 107942.