

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ОДЕСЬКА МОРСЬКА АКАДЕМІЯ»
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ НАВІГАЦІЇ

Кафедра СУДНОВОДІННЯ

ДИПЛОМНА РОБОТА МАГІСТРАНТА

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

ВОРОХОБІН МИКИТА ІГОРОВИЧ

(прізвище, ім'я по-батькові)

Тема роботи: Комплексне опрацювання та дослідження етапів
переходу судна «GAS MELODY» за маршрутом
Aqaba (Jordan) – Aden (Yemen)

Підпис магістранта _____

Завідуючий кафедрою _____

Керівник _____

Рецензент _____

Нормоконтроль _____

м. Одеса
2025 рік

"ЗАТВЕРДЖУЮ"

Завідувач кафедри

_____ 2025 р.

З А В Д А Н Н Я

по дипломній роботі магістранта

ВОРОХОБІН МИКИТА ІГОРОВИЧ

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Комплексне опрацювання та дослідження етапів переходу судна «GAS MELODY» за маршрутом Aqaba (Jordan) – Aden (Yemen)

затверджена наказом по НУОМА від " 01 " грудня 2025 р. № 1455

2. Строк здачі курсантом закінченої роботи " 05 " грудня 2025 року

3. Вхідні дані до роботи:

1. Ворохобін І.І. та інші. Методичні вказівки для виконання магістерської роботи.
2. LPG/VCM/Ammonia Carrier «GAS MELODY»: Trim & Stability Booklet.
3. Nautical Publicationis.
4. Bowditch N. American Practical Navigator.
5. Ніколаєва Л.Л. Комерційна експлуатація судна.

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

1. Характеристики судна
2. Аналіз, оцінка та планування навігаційного переходу
3. Обробка та розміщення вантажу
4. Оцінка морехідних якостей судна
5. Визначення максимального часу початку маневру розходження морських суден.

5. Перелік графічного матеріалу:

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

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

Розділ	ПІБ консультанта	Підпис і дата
1. Характеристики судна	Володимир СІКІРІН	
2. Аналіз, оцінка та планування навігаційного переходу	Володимир СІКІРІН	
3. Обробка та розміщення вантажу	Володимир СІКІРІН	
4. Оцінка морехідних якостей судна	Володимир СІКІРІН	
5. Визначення максимального часу початку маневру розходження морських суден	Володимир СІКІРІН	
6. Розрахунок економічних показників роботи судна в рейсі	Володимир СІКІРІН	
7. Охоронні заходи та цивільна оборона на судні	Володимир СІКІРІН	

7. Календарний план дипломної роботи магістранта

№ з/п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	<i>Характеристики судна</i>	<i>вересень – листопад 2025</i>	<i>виконано</i>
2.	<i>Аналіз, оцінка та планування навігаційного переходу</i>	<i>вересень – листопад 2025</i>	<i>виконано</i>
3.	<i>Обробка та розміщення вантажів</i>	<i>вересень – листопад 2025</i>	<i>виконано</i>
4.	<i>Оцінка морехідних якостей судна</i>	<i>вересень – листопад 2025</i>	<i>виконано</i>
5.	<i>Визначення максимального часу початку маневру розходження морських суден</i>	<i>вересень – листопад 2025</i>	<i>виконано</i>
6.	<i>Розрахунок економічних показників роботи судна в рейсі</i>	<i>вересень – листопад 2025</i>	<i>виконано</i>
7.	<i>Охоронні заходи та цивільна оборона на судні</i>	<i>вересень – листопад 2025</i>	<i>виконано</i>

8. Дата видачі завдання _____

Керівник _____

Завдання до виконання прийняв _____

АНОТАЦІЯ

Тема магістерської роботи – Комплексне опрацювання та дослідження етапів переходу судна «GAS MELODY» за маршрутом Aqaba – Aden.

Магістерська робота присвячена опрацюванню та дослідженню етапів переходу, розгляду теоретичних аспектів проблеми, що досліджується – «Визначення максимального часу початку маневру розходження морських суден», розрахунку економічних показників роботи судна в рейсі, розгляду питань з охоронних заходів та цивільної оборони на судні (прогнозування наслідків надзвичайної ситуації на об'єкті морського транспорту).

У магістерській роботі:

- наведено основні характеристики газовозу – m/v «GAS MELODY»;
- виконано аналіз, оцінка та планування навігаційного переходу;
- вивченні транспортні характеристики вантажу (*Пропан*), складено оптимальний вантажний план (*Stowage Plan*);
- проведена оцінка морехідних якостей судна, побудовані діаграми остійності на відхід і прихід, перевірена загальна міцність корпусу судна;
- розглянуто питання «Визначення максимального часу початку маневру розходження морських суден»;
- проведено розрахунок кількісних та якісних економічних показників роботи судна в рейсі, оцінка ефективності виконаного рейсу і роботи судна за експлуатаційний період;
- виконано розділ з охоронних заходів та цивільної оборони на судні.

Ключові слова: безпека судноплавства, ризик, *Stowage Plan*, остійність, Конвенція, маневр розходження, характеристика небезпеки зближення, попередження зіткнення суден, рівень дохідності, стандартні процедури.

ANNOTATION

Master's work topic – Complex study and research stages of voyage of the ship «GAS MELODY» on the route Aqaba – Aden.

The master's work is dedicated to processing and researching the stages of the transition, considering the theoretical aspects of the problems under investigation – «Predicting the Maximum Start Time of a Divergence Maneuver», calculating the economic indicators of the ship's operation in the voyage, considering issues of security measures and civil defense on the ship (forecasting the consequences of an emergency situation at a maritime transport facility).

Master's work exists:

- given the main characteristics of the m/v «GAS MELODY»;
- are made assessment and planning of navigation passage;
- transport's characteristics of cargo (*Propane*) are studied in details, optimal cargo plan is done for current conditions;
- seagoing conditions of the vessel are maiden and checked, diagrams of stability on a departure and arrival, general hull strength is done and checked;
- maiden research: «Predicting the Maximum Start Time of a Divergence Maneuver»;
- carried out calculation of economical aspect's quality and expediency of ship's voyage;
- chapter regarding security measures and civil defense on the vessel was considered.

Key words: Safety of Navigation, Risk, Stowage Plan, Stability, Convention, Divergence Maneuver, Characterization of the Danger of Convergence, Prevention of Ship Collision, Profitability Level, Standard Procedures.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

AIS – автоматична ідентифікаційна система (Automatic Identification System).

ARPA – автоматичне відстеження цілей і надання додаткової навігаційної інформації (Automatic Radar Plotting Aid).

BM – згинальний Момент (Bending Moments).

CPA – найближча точка підходу (Closest-Point of Approach).

DGPS – диференційна система глобального позиціювання (Differential Global Positioning System).

ECDIS – електронна картографічна навігаційно-інформаційна система (Electronic Chart Display and Information System).

GMDSS – глобальна морська система зв'язку при лиху (Global Maritime Distress and Safety System).

GPS – система глобального позиціювання (Global Positioning System).

GRT – валова реєстрова місткість (Gross Registered Tonnage).

IBS – інтегровані Система ходового Містка (Integrated Bridge System).

IMO – міжнародна морська організація (International Maritime Organization).

ISM – міжнародний Кодекс з управління безпекою (International Safety Management).

NAVAREA – морські географічні райони (Navigational Areas).

NAVTEX – міжнародна автоматизована система оповіщення (Navigational Telex).

NRT – чиста реєстрова місткість (Net Registered Tonnage).

PSC – портовий контроль (Port State Control).

SF – перерізуючі сили (Shear Forces).

TCPA – час до найближчої точки зближення (Time to Closest-Point of Approach).

UKC – запас води під кілем (Under Keel Clearance).

ЗМІСТ

ВСТУП	9
РОЗДІЛ 1 ХАРАКТЕРИСТИКИ СУДНА	10
1.1 Загальні відомості і головні розміри судна	10
1.2 Транспортно-експлуатаційні характеристики	12
1.3 Маневрені характеристики	16
1.4 Навігаційне обладнання	19
1.5 Забезпечення непотоплюваності	22
РОЗДІЛ 2 АНАЛІЗ, ОЦІНКА ТА ПЛАНУВАННЯ НАВІГАЦІЙНОГО ПЕРЕХОДУ	23
2.1 Загальні вимоги до аналізу та плануванню навігаційного переходу	23
2.2 Оцінка запланованого переходу	25
2.2.1 Підготовка для прийому та обміну навігаційною інформацією на переході	28
2.2.2 Збір та аналіз гідрометеорологічної інформації	30
2.2.3 Збір та аналіз навігаційної інформації при прибрежному плаванні	31
2.3 Навігаційні розрахунки для забезпечення безпеки плавання	36
2.3.1 Розрахунок ортодромії	36
2.3.2 Складання маршрутних листів	37
2.3.3 Графічний план переходу	37
2.3.4 Розрахунок природної освітленості	41
2.3.5 Розрахунок висот приливів та побудова графіків приливів	42
2.4 Висновки	43

РОЗДІЛ 3 ОБРОБКА ТА РОЗМІЩЕННЯ ВАНТАЖУ	44
3.1 Транспортні характеристики вантажу	33
3.2 Підготовка вантажних приміщень до прийому вантажів та документальне оформлення морського перевезення	49
3.3 Розрахунок чистої вантажопідйомності судна	54
3.4 Складання вантажного плану	58
3.5 Характеристика експлуатаційних умов рейсу	59
РОЗДІЛ 4 ОЦІНКА МОРЕХІДНИХ ЯКОСТЕЙ СУДНА	62
4.1 Розрахунок водотоннажності й координат центра ваги судна	62
Вантажний план судна «Gas Melody»	67
4.2 Розрахунки посадки і початкової остійності	68
4.3 Контроль остійності за матеріалами Інформації	70
4.4 Розрахунок і побудова діаграм остійності	70
4.5 Розрахунки нормованих параметрів остійності	72
Діаграми статичної остійності на відхід та прихід і визначення критерію погоди	73
4.6 Перевірка виконання рекомендованих ІМО критеріїв остійності	76
4.7 Перевірка загальної подовжньої міцності корпусу	77
РОЗДІЛ 5 ВИЗНАЧЕННЯ МАКСИМАЛЬНОГО ЧАСУ ПОЧАТКУ МАНЕВРУ РОЗХОДЖЕННЯ МОРСЬКИХ СУДЕН	80
5.1 Огляд наукових підходів до забезпечення безпеки маневрування та уникнення зіткнення суден	80
5.2 Характеристика небезпеки зіткнення	82
5.3 Розрахунок моменту початку маневру	83
5.4 Визначення максимального часу початку маневру розходження	87
5.5 Висновки	92

РОЗДІЛ 6 РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ СУДНА В РЕЙСІ	93
6.1 Загальна частина (рейсове завдання)	93
6.2 Розрахунок кількісних експлуатаційно-економічних показників роботи судна в рейсі	94
6.3 Розрахунок якісних експлуатаційно-економічних показників роботи судна в рейсі	97
6.4 Прогнозування роботи судна за експлуатаційний період	99
6.5 Оцінка ефективності виконаного рейсу і роботи судна за експлуатаційний період	100
РОЗДІЛ 7 ОХОРОННІ ЗАХОДИ І ЦИВІЛЬНА ОБОРОНА НА СУДНІ	101
7.1 Прогнозування наслідків надзвичайної ситуації на об'єкті морського транспорту	101
7.1.1 Вихідні дані (сценарій виникнення надзвичайної ситуації на об'єкті морського транспорту)	101
7.1.2 Оцінка масштабів хімічного зараження території	102
7.1.3 Висновки і рекомендовані заходи для зменшення людських втрат	108
7.2 Розподіл обов'язків та відповідальності щодо забезпечення охорони судна	108
ВИСНОВКИ	111
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	112

ВСТУП

Магістерська робота присвячена комплексному опрацюванню та дослідженню етапів переходу судна за маршрутом та розгляду теоретичних аспектів проблеми, що досліджується – «Визначення максимального часу початку маневру розходження морських суден».

У роботі освітлені найбільш важливі в повсякденній роботі судноводія етапи: аналіз, оцінка та планування навігаційного переходу; складання оптимального вантажного плану; оцінка морехідних якостей судна, побудова діаграм остійності на відхід і прихід, епюра перевірки загальної міцності корпусу судна.

Актуальність теми. Комплексне опрацювання та дослідження етапів переходу судна для судноводія є завжди актуальною темою з метою забезпечення навігаційної безпеки мореплавства, безпеки судна, вантажу, людей та навколишнього середовища.

Мета роботи – опрацювання та дослідження етапів переходу судна з боку навігаційної, вантажної та економічної складової безпеки мореплавства. Узагальнення теоретичних положень щодо визначення максимального часу початку маневру розходження морських суден.

Об'єкт дослідження – етапи переходу судна.

Предмет дослідження – маневр розходження морських суден.

Основні положення полягають в розширенні кола відомих даних.

РОЗДІЛ 1

ХАРАКТЕРИСТИКИ СУДНА

1.1. Загальні відомості і головні розміри судна

Таблиця 1.1 – Основні відомості про судно

1.	Назва судна	GAS MELODY
2.	Тип судна	LPG/VCM/Ammonia Carrier
3.	Позивний сигнал судна	3LPE8
4.	ІМО	9410624
5.	MMSI	636023743
6.	Рік і місце побудови	2009 / Hyundai Mipo Dockyard Co., Ltd. Ulsan, Korea
7.	Клас Регістру	NKK (NIPPON KAIJI KYOKAI)
8.	Порт приписки	MONROVIA
9.	Судновласник	GAS MELODY SHIPPING LTD – Ajeltake Road, Ajeltake Island, MH 96960 Majuro, Marshall Islands
10.	Менеджмент	SEA HAWK GAS S.A. – 84 Vouliagmenis Ave. Voula, 16673, Greece
11.	Довжина найбільша L (м)	159.97
12.	Довжина між $\perp\perp$, L $\perp\perp$	152.20
13.	Ширина найбільша B (м)	25.60
14.	Висота борту до верх. палуби H (м)	16.4
15.	Найбільша осадка T (м)	T _S = 10.916; T _T = 11.143; T _W = 10.689
16.	Осадка T (м): в повному вантажу порожньому	T _{max} = 10.916 T _{min} = 5.720

Продовження таблиці 1.1

17.	Водотоннажність (т): в повному вантажу Δ порожньому Δ_0	9942.0 33303.6
18.	Повна вантажопідйомність Δ_w (т)	23361.6
19.	Головний двигун: тип потужність: частота обертання	Hyundai Man B&W 6S46MC-C 7860kW / 10620 HP / 129 rpm
20.	Режим роботи головного двигуна	Full Sea Ahead – 125 rpm Full Ahead – 107 rpm Half Ahead – 83 rpm Slow Ahead – 65 rpm Dead Slow Ahead – 45 rpm Dead Slow Astern – 45 rpm Slow Astern – 65 rpm Half Astern – 83 rpm Full Astern – 107 rpm
21.	Швидкість судна	В повному вантажу – 15.8 вуз. В балласті – 17.5 вуз.
22.	Гребний гвинт: кількість лопастей діаметр та крок гвинта (м) дискове відношення напрямок обертання	4 5.5 м / 4,018.37 м 0.5597 Right-handed
23.	Тип руля і площа його пера (м ²)	Semi-spade rudder; Площа – 28.95 м ²
24.	Тип стернової машини підрулюючий пристрій	Yoowon-Mitsubishi Electro-Hydraulic Steering Gear YDFT-60-2 Підрулюючий пристрій відсутній
25.	Суднова радіостанція: Склад суднової радіоапаратури відповідає вимогам району A1, A2, A3, A4 та включає в себе:	ПВ/КВ – JRC-JSS-2150 УКВ – Furuno FM8800S (2 шт.) Inmarsat-C – Furuno F15 (2 шт.) EPIRB – Jotron Tron 60AIS SART – Jotron Tron SART20

Продовження таблиці 1.1

26.	Валова реєстрова місткість (GRT)	18311
27.	Чиста реєстрова місткість (NRT)	5493
28.	Добова витрата палива: на ходу на стоянці	важке паливо (HFO) – 31 т дизельне паливо (DO) – 2 т важке паливо (HFO) – 3 т дизельне паливо (DO) – 5 т
29.	Координати центру мас порожнього судна	Z = 10.17 м X = -5.103 м

1.2. Транспортно-експлуатаційні характеристики

1. Схематичне креслення бокового виду судна з розташуванням приміщень для вантажів і запасів наведено на рис. 1.1.

2. План верхньої палуби (Upper Deck) наведено на рис. 1.2.

3. Вантажна шкала судна представлена на рис. 1.3.

На додаток до вантажної шкали наведено таблицю 1.2.

Таблиця 1.2 – Вантажна шкала судна

Зона марки	Висота надводного борту, м	Осадка, м	Водотоннажність, т	Дедвейт, т
TF Tropical Fresh Water	2.554	11.375	34102.0	24160.0
F Fresh Water	2.781	11.148	33301.0	23359.0
T Tropical	2.786	11.143	34116.6	24174.6
S Summer	3.013	10.916	33303.6	23361.6
W Winter	3.024	10.689	32490.4	22548.4

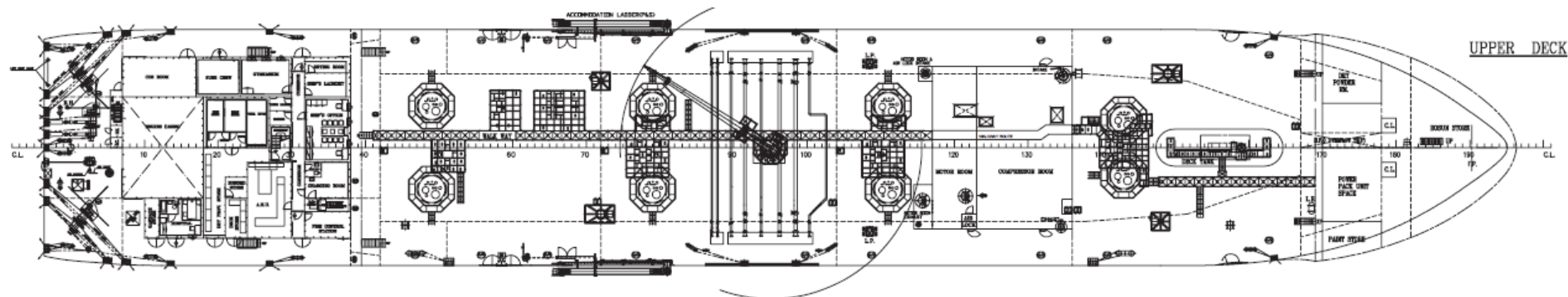


Рисунок 1.2 – План верхньої палуби

FREEBOARD MARK & DEADWEIGHT SCALE

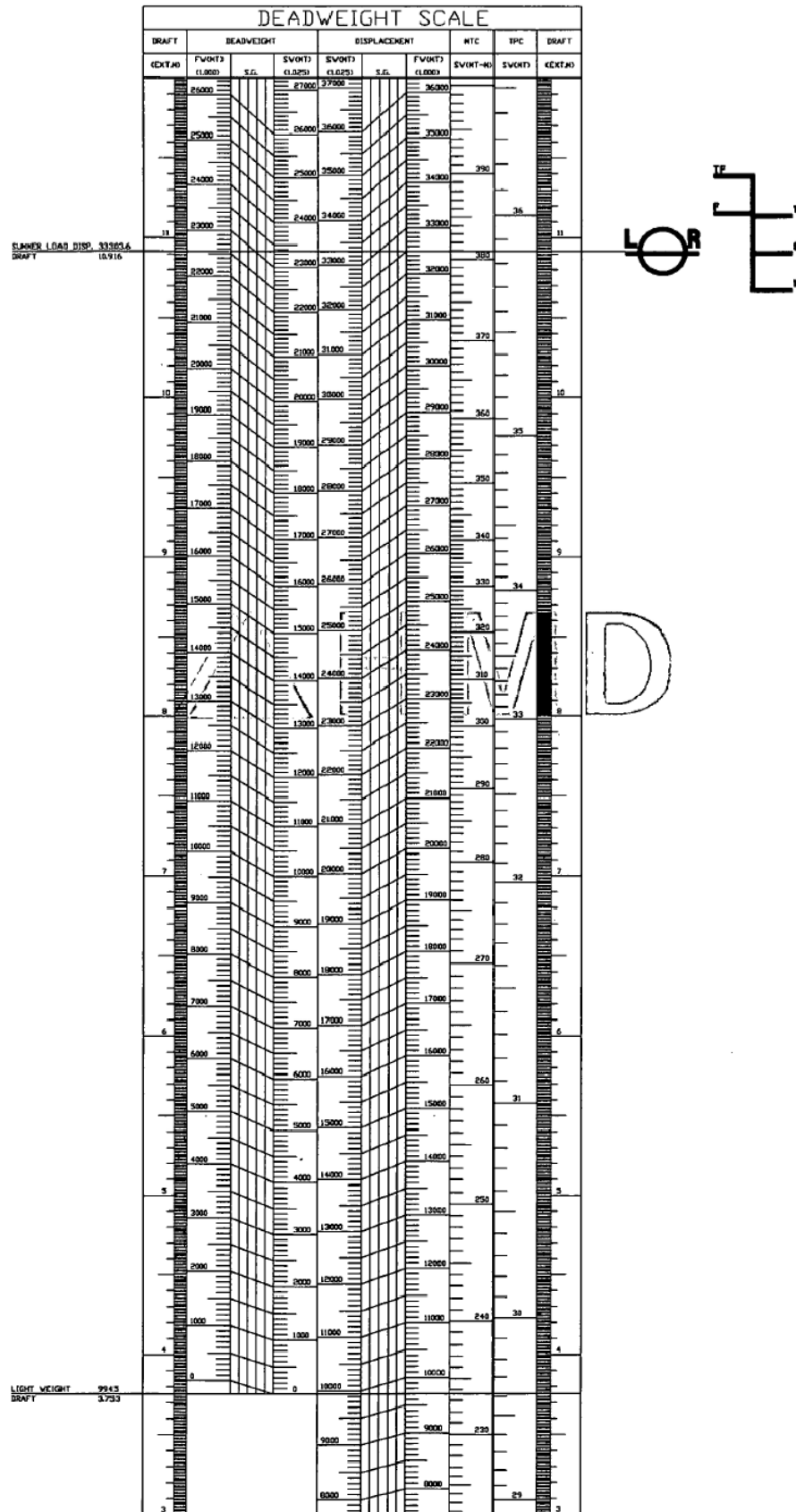


Рисунок 1.3 – Вантажна шкала судна

1.3. Маневрені характеристики

Дані про маневрені характеристики, представлені на рис. 1.4.

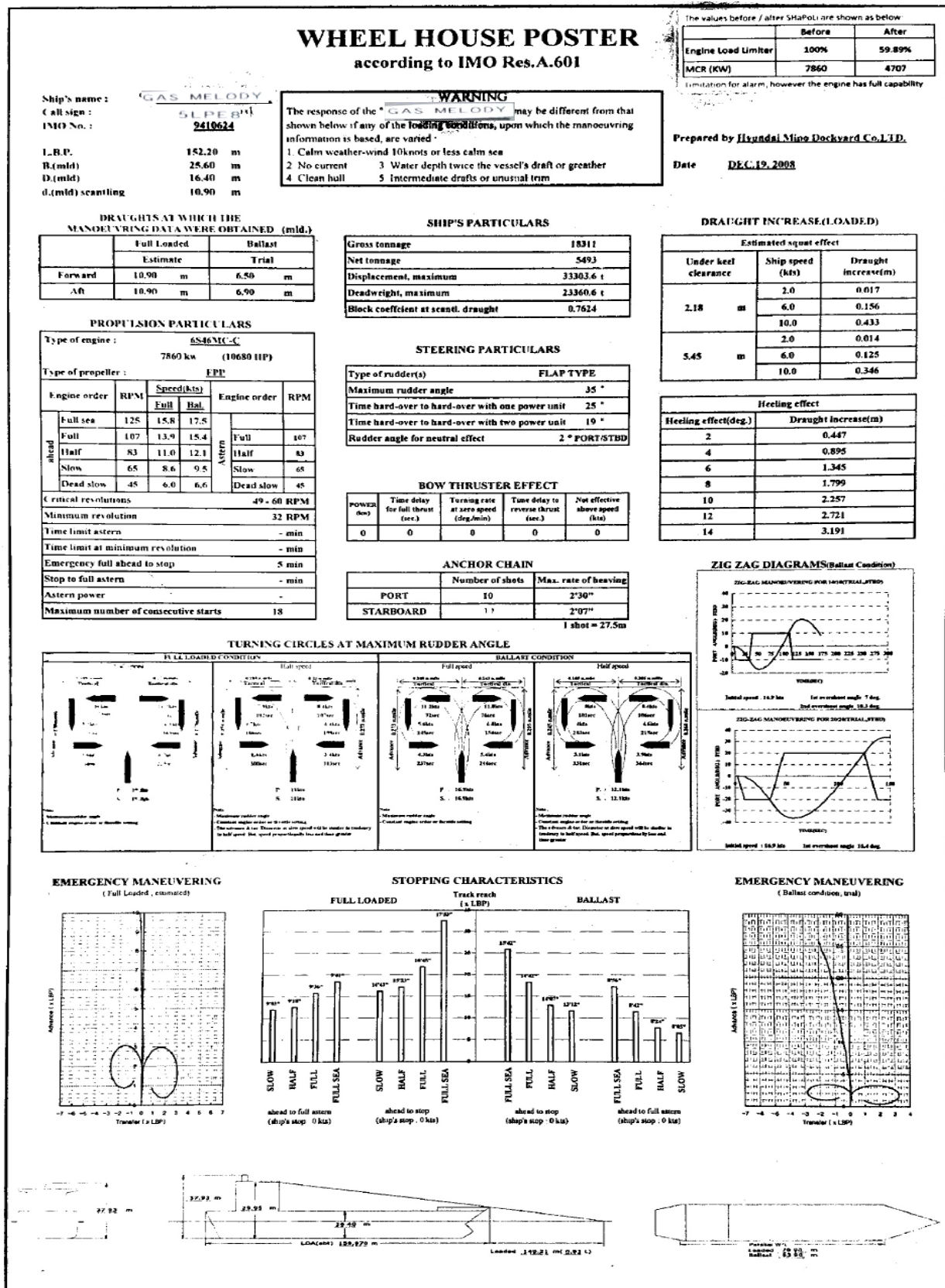


Рисунок 1.4 – Маневрені характеристики судна

Дані про гальмівний шлях – Stopping characteristics – ще раз окремо наведені на рис. 1.5. у вигляді лінійних графіків, складених для стану судна в вантажі і в баласті, відповідно до рекомендацій ІМО.

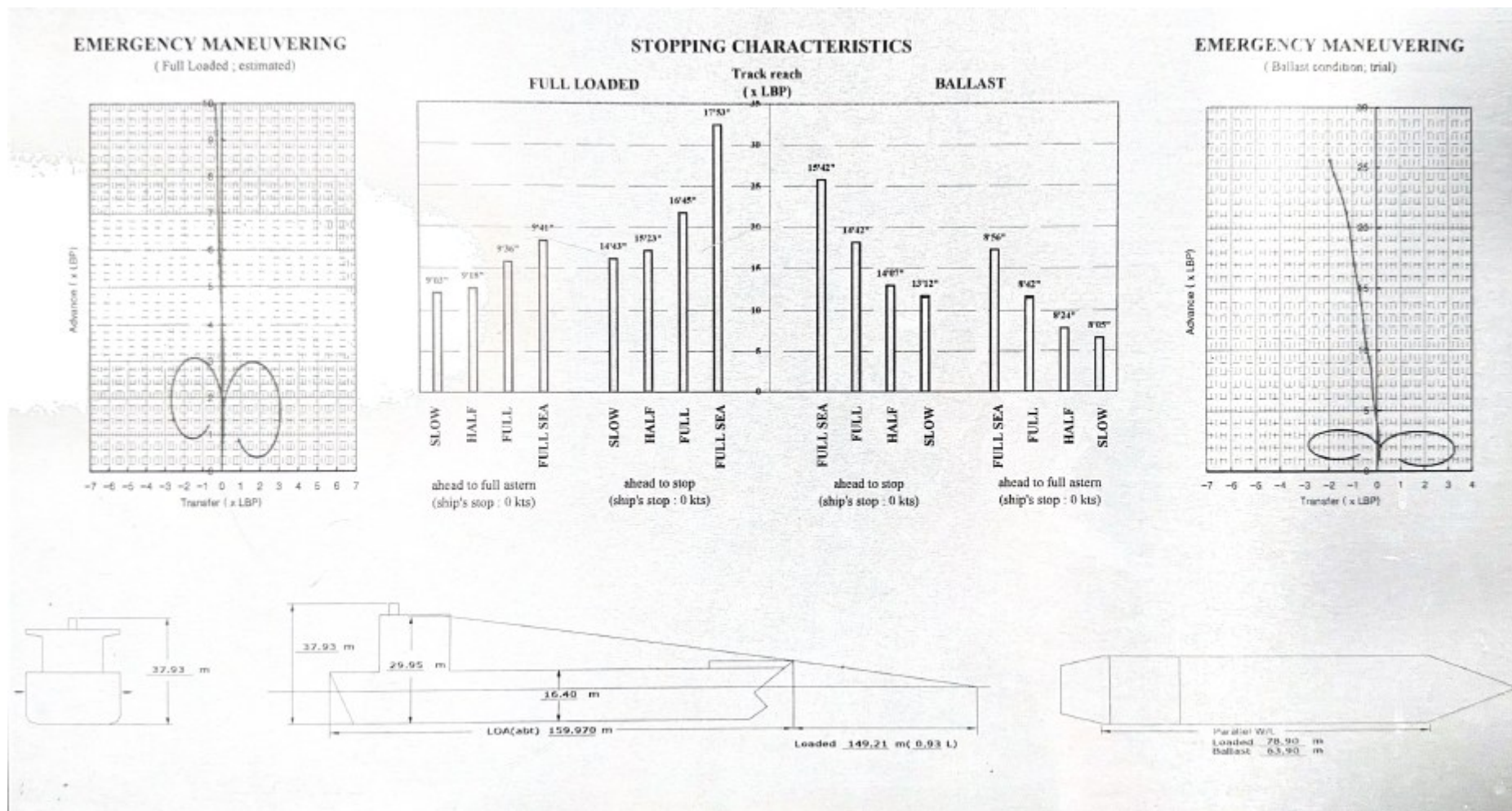
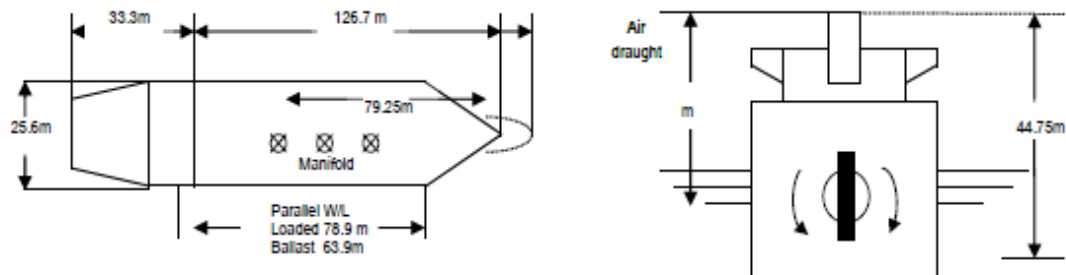


Рисунок 1.5 – Гальмівні характеристики

	INTEGRATED MANAGEMENT SYSTEM MANUAL		Issue No.: 02
	Chapter 7.2		Issue Date: 12/09/2024
	N 015	PILOT CARD	Rev. No.: 00 Rev. Date: 00/00/0000 Page: 1 of 3

A. SHIP'S PARTICULARS

Ship: GAS MELODY		Call Sign: 5LPE8
Displacement: 22380 MT	Deadweight: 13440 MT	Year Built: 2009
Draught Fwd: 7.5 M	Draught Aft: 8.0 M	Draught Amidships:
LOA: 159.97 M	Breadth: 25.60 M	Bulbous Bow ☐ Yes / ☒ No
UKC:	Overhead Clearance: N/A	
Port Anchor (shackles): 11	Stbd Anchor (shackles): 11	(1 shackle = 27.4 meters or 15 fathoms)



Discuss critical areas of the piloting passage thoroughly and agree the safe speed to avoid Wave Wash effect and consequent damages.

UKC Policy in form N 005 is placed in the attention of Pilot.

B. ENGINE

Type of engine:	Hyundai Man B&W 6S46MC	Maximum Design Power (kw / hp)	7860 / 10620
Engine Order	RPM / Pitch	Loaded Speed (knts)	Ballast Speed (knts)
Full Ahead	107	13.9	15.4
Half Ahead	83	11	12.1
Slow Ahead	65	8.6	9.5
Dead Slow Ahead	45	6	6.6
Dead Slow Astern	45		
Slow Astern	65		
Half Astern	83		
Full Astern	107	65 % of Full Ahead power	
Max no. of Consecutive Starts:	18	Engine Critical RPM:	49-60
Time Full Ahead to Full Astern (sec): L: 9'41" B: 8'56"	Time Limit Astern (min): 7.1'	Min. Steering Speed (knts):	5-7
System deployed to comply with EEXI requirements:			
☒ Shaft Power or Engine Power limiters (ShaPoLi / EPL) ☐ Mechanical Based Limiters (Governor) ☐ Load limiting / automatic acceleration limiting software programs ☐ None			

Рисунок 1.6 – Лоцманська картка

1.4. Навігаційне обладнання

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

Таблиця 1.3 – Технічні засоби навігації та засоби GMDSS

Прибор, система	Тип, марка	Кіл-ть	Рік випуску	Місце встановлення
1	2	3	4	5
RADAR (S- Band)	FURUNO – Model: FAR-2827S S-band (10 cm)	1	September 2008	Bridge, Port Side Control Panel
RADAR (X- Band)	FURUNO – Model: FAR-2817 X-band (3 cm)	1	October 2008	Bridge, Stbd Side Control Panel
ECDIS (Electronic Chart Display and Information System)	TRANSAS RS6C Ser.No. TAICE1002328 TRANSAS RS6C Ser. No.TAICE1002328	2	October 2008	Bridge Control Panel, Bridge Chart Table
Gyrocompass	Tokyo Keiki TG-8000 Ser. No. 84325	1	October 2008	Bridge Steering Stand
Gyrocompass Repeaters	Tokyo Keiki RP-41-1 Ser. No. 44880 Tokyo Keiki RP-41-1 Ser. No. 44879 Tokyo Keiki RP-41-1 Ser. No. 44878	3	October 2008 October 2008 October 2008	Bridge Centre Port Side Wing Stbd Side Wing
Course Recorder	Tokyo Keiki CR-4 Ser. No. 8923	1	October 2008	Bridge, Chart Table
Auto-pilot	Tokyo Keiki PR-6612-DM-SS2 Ser. No.11112S	1	October 2008	Bridge Steering Stand
Magnetic Compass	Saracom MC-180 Ser. No.1739	1	October 2008	Monkey Island
Echo Sounder	FURUNO – FE 700 Ser. No. 2285-1019	1	October 2008	Bridge, Chart Table
Echo Sounder Printer	FURUNO – PP 505 Ser. No.2501	1	September-2008	Bridge, Chart Table

Продовження таблиці 1.3

1	2	3	4	5
GPS	FURUNO GP-150 Ser. No. 6401-2213 FURUNO GP-150 Ser. No. 6401-2214	2	October 2008 October 2008	Bridge, Chart Table Bridge, Chart Table
Log	FURUNO – DS-800 Ser. No.2501	1	October 2008	Bridge, Control Panel
VHF Radio – Telephony	Furuno FM8800S Ser. No. 3565-6142 Furuno FM8800S Ser. No. 3565-6390	2	October 2008 October 2008	Bridge Control Panel Bridge GMDSS Console
NAVTEX Receiver	NX-700A Ser. No. 006092	1	October 2008	Bridge, Chart Table
Inmarsat – C Satcom	FURUNO Felcom-15 Ser. No. 3561-5450 FURUNO Felcom-15 Ser. No. 3561-5451	2	October 2008	Bridge GMDSS Console
Sat F	FURUNO Inmarsat Fleet F77 FELCOM 70 SF870A Ser. No. 1450	1	October 2008	Bridge GMDSS Console
Voyage Data Recorder	FURUNO VR-3010 Ser. No. 4417-1727 VDR Microphone VR- 5011 Ser. No. 025603 Ser. No. 025604 Ser. No. 025606 Ser. No. 025608 Ser. No. 025609	1 5	October 2008 October 2008	Bridge Control Panel, Navigational Locker Bridge
MF/HF DSC	JRS-JSS-2150 Ser. No. BS86344	1	October 2008	Bridge GMDSS Console
U-AIS (Universal Automatic Identification System).	FURUNO FA-150 Ser. No. 3552-3721	1	October 2008	Bridge Control Panel
Communal Aerial System	MRC CAC-953 Ser. No. 3641	1	December 2008	Monkey Island
Emergency UHF	JOTRON TRON TR-20 Ser. No. 0470/08	3	October 2008	Bridge GMDSS Console

Продовження таблиці 1.3

1	2	3	4	5
EPIRB (Emergency Position Indication Radio Beacon)	Jotron Tron 60AIS Ser. No. 7307	1	May 2023	Bridge Port Wing
SART (Search and Rescue Transponder)	Jotron Tron SART20 Ser. No. 74343 Jotron Tron SART20 Ser. No. 02214	2	July 2023	Bridge Port Wing Lifeboat
HORN CONTROL UNIT	Saracom HC-7123 Ser. No. 714304	1	December 2008	Bridge Control Panel
DAYLIGHT SIGNALLING LAMP	KUKDONG ELECOM DSL-60A Ser. No. 621	1	December 2008	Bridge Port Wing
IRIDIUM Satellite Phone	LarsThrane LT3100 Ser. No. 00014765	1	December 2024	Engine Control Room (Citadel)

Таблиця 1.4 – Точнісні характеристики технічних засобів навігації

Тип і марка приладу	Навігаційні параметри	СКП ^{95%} одного вимірювання
Radars (X&S-Bands) Furuno	дистанція	1% of the maximum range of the scale in use, or 15 m, whichever is the greater
	пеленг	$\pm 1^\circ$
GPS / DGPS Furuno	дистанція до судна	$\pm 21 \text{ m} / \pm 3 \text{ m}$
Echo Sounder Furuno	глибина	$\pm 2\%$ від глибини
Gyro Compass Cplath	пеленг	$\leq \pm 1^\circ (0.75^\circ * \secant \text{ latitude})$
Magnetic Compass Cplath	пеленг	$\pm 2^\circ$
Dopler Speed Log Furuno	швидкість	1% or 0,1 kn., whichever is the greater

1.5. Забезпечення непотоплюваності

Конструктивною особливістю судна, що забезпечує його непотоплюваність, є наявність подвійного дна. У кожному трюмному просторі знаходиться по одному повністю ізолюваному незалежному вантажному танку. Судно залишиться на плаву навіть у тому випадку, якщо буде затоплено один трюмний простір (Hold Space).

Осушна система судна розрахована на відкачку лляльних вод з машинного відділення і представлена системою трубопроводу, що йде до лляльних криниць, розташованим в машинному відділенні, і двома відцентровими насосами з продуктивністю $10 \text{ м}^3 / \text{год}$ кожен.

Крім цього вантажні трюми обладнані ежекторами з продуктивністю $40 \text{ м}^3/\text{год}$ кожен для видалення розливу вантажу і попадання води в аварійних випадках.

Баластна система складається з баластних танків, баластних труб, баластних насосів і клапанів. Всього на судні є 2 баластних насоса продуктивністю $370 \text{ м}^3/\text{год}$ кожен.

Схема баластних танків представлена на рис. 1.7.

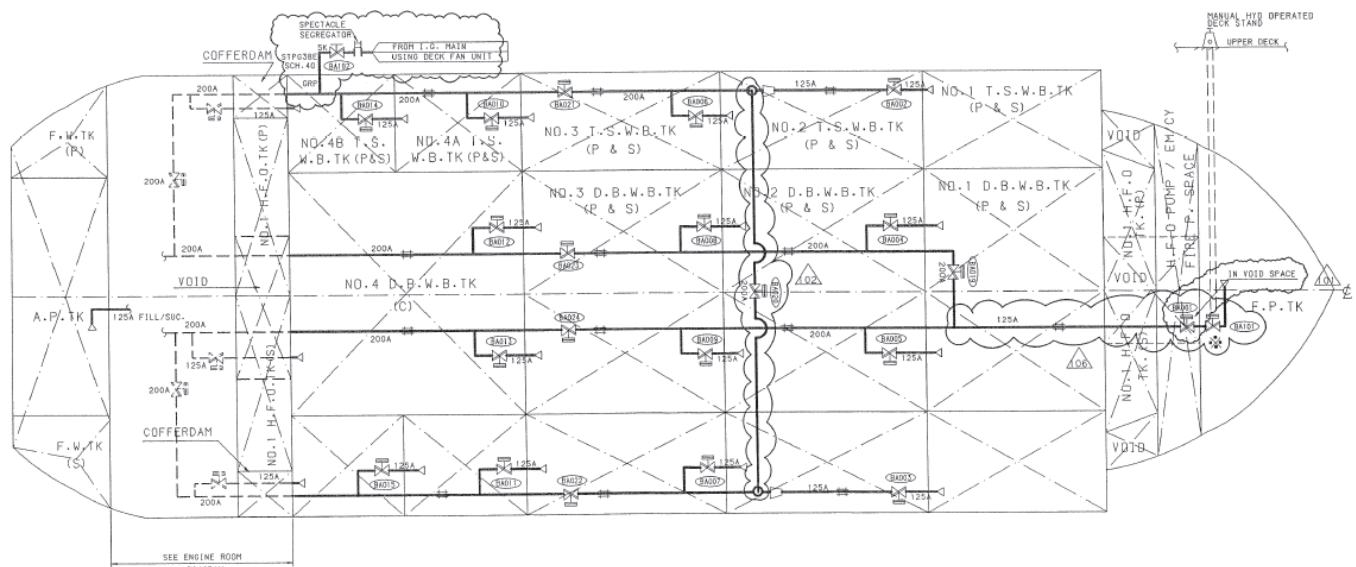


Рисунок 1.7 – Схема баластних танків

РОЗДІЛ 2

АНАЛІЗ, ОЦІНКА ТА ПЛАНУВАННЯ НАВІГАЦІЙНОГО ПЕРЕХОДУ

2.1. Загальні вимоги до аналізу та плануванню навігаційного переходу

Планування переходу – надзвичайно важлива і відповідальна робота судноводія, від якої багато в чому залежить безпека плавання.

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»;
- Міжнародна Конвенція та кодекс про підготовку і дипломування моряків та несення вахти – 1978 р. (STCW-78 з поправками), Розділ VIII;
- Резолюція ІМО А.893 (21) «Керівництво по плануванню рейсу» – 1999 р.;
- Рекомендації по організації штурманської служби на морських судах України «РІШСУ-98» – 1998 р.;
- Bridge Procedures Guide, 5th Edition – 2016;
- Bridge Team Management, 2nd Edition – 2004.

Принципи планування переходу

Існує чотири стадії в плануванні безпечного переходу, які повинні виконуватись одна за одною:

- *Оцінка (Appraisal)*;
- *Планування (Planning)*;
- *Виконання (Execution)*;
- *Контроль (Monitoring)*.

Оцінка / Appraisal

Необхідно провести збір разом всієї інформації, доречної до розглянутого переходу. Збір інформації пов'язано з навігаційною інформацією, зазначеної на морських картах і в інших публікаціях, таких як SD, ALLFS,

ALRS, ATT, NM, схеми систем поділу руху та Radio Aids to Navigation [Bridge Team Management, Section 2].

Інформація, необхідна для того щоб зробити оцінку:

- план (напрямок і швидкість);
- приливи (час, рівні і напрямки приливно-відливних явищ);
- осадка судна в різний час переходу;
- поради і рекомендації, наведені в SD's;
- навігаційні вогні (характеристики, дальність видимості й очікуване збільшення дальності видимості);
- навігаційні знаки (очікувана дальність видимості, у якій орієнтири будуть видимі на радарі чи будуть видимі оку);
- навігаційні попередження, що діють на район переходу;
- кліматичні дані, що впливають на район переходу;
- маневрені характеристики судна.

Усі повинні знати і завжди враховувати стан судна, устаткування і пам'ятати про різні обставини, також усі повинні чітко усвідомлювати і розуміти межі безпеки в різних частинах переходу.

Планування / Planning

Детальний план повинний охопити цілий перехід, від причалу до причалу, і включати усі води де лоцман буде на борту [Bridge Team Management, Section 3].

Формування плану спричиняє виконання наступних задач:

- підготовка майбутнього переходу на відповідних морських картах та нанесення на карти всіх небезпечних районів і майбутнього шляху, приймаючи в увагу межі припустимої похибки. Запланований шлях повинний бути прокладений так, якщо дозволяють обставини, щоб він був на безпечній відстані від навігаційних небезпек;
- можливість виходу головного двигуна з ладу чи поломки кермової машини в критичний момент не повинна бути недооцінена;

- відзначити на картах ті помітні для радара об'єкти, що можуть використовуватися при визначенні місця судна;
- нанести на карту всі необхідні позначки, пеленга та відстані, які можуть бути зручними і використовуватися як перевага при переході;
- лінії обмеження небезпеки (область у який ні при яких обставинах немає ходу). На карті необхідно нанести лінії, щоб висунути на перший план області, куди судно не може йти (*No Go Areas*);

Повні деталі плану переходу повинні потім бути внесені у форми плану переходу (*Passage Plan / Voyage Plan*).

Виконання / Execution

Завершивши план переходу, повинна бути обрана тактика, яку потрібно використовувати у виконанні плану.

Контроль / Monitoring

Точний і безупинний контроль руху судна по запланованому шляху є безпечний перехід. Якщо вахтовий помічник сумнівається щодо місця положення судна, чи манери, у який відбувається перехід, він повинний негайно викликати Капітана і, якщо необхідно, почати діяти, як вважає за необхідне для безпеки судна.

План переходу складається з трьох частин:

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

2.2. Оцінка запланованого переходу

На судні одночасно з іншими роботами проводять навігаційну підготовку до майбутнього переходу: проводимо підбір усіх необхідних для успішного виконання рейсу навігаційних посібників, за останніми коректурними документами проводимо їх коректуру, вивчаємо трасу майбутнього переходу в

навігаційному відношенні, вибираємо найбільш вигідні шляхи, робимо попередню прокладку на перехід.

При підборі навігаційних карт та навігаційних посібників користуємося «Catalogue of Admiralty Charts and Publications».

У цьому підрозділі приведемо конкретну інформацію, яка стосується оцінки переходу, що відповідає етапу "Passage Plan Appraisal". Для цього проведемо підбір навігаційних карт, посібників та публікацій на заданий перехід і представимо у вигляді таблиць 2.1 та 2.2

Таблиця 2.1 – Перелік паперових карт на перехід

№	Тип карти	Номер	Назва карти	Масштаб
1.	Admiralty	801	Plans in the Gulf of Aqaba © Port of Al`Aqabah	1:12 500
2.	Admiralty	12	Al`Aqabah to Duba and Ports on the coast of Saudi Arabia	1:350 000
3.	Admiralty	2375	Juzur Ashrafi to Safaga (Bur Safajah) and Strait of Tiran	1:150 000
4.	Admiralty	159	Suez (As Suways) to Berenice (Barnis)	1:750 000
5.	Admiralty	158	Berenice (Barnis) to Masamirit	1:750 000
6.	Admiralty	157	Masamirit to Bab el Mandeb	1:750 000
7.	Admiralty	143	Jazirat at Tair to Bab el Mandeb	1:400 000
8.	Admiralty	6	Gulf of Aden	1:750 000
9.	Admiralty	1925	Jabal Zuqar Island to Bab el Mandeb	1:200 000
10.	Admiralty	453	Jabal Zuqar Island to Muhabbaka Islands	1:100 000
11.	Admiralty	452	Al Mukh ^o to Bab el Mandeb	1:100 000
12.	Admiralty	3661	Bab el Mandeb to Aden Harbour	1:200 000
13.	Admiralty	7	Aden Harbour and Approaches	1:25 000
14.	Admiralty	3660	Aden Inner Harbour	1:7 500

Таблиця 2.2 – Перелік публікацій на перехід

№	Тип	Номер	Назва посібника
1	2	3	4
<i>List of Light & Fog Signals</i>			
1.	Admiralty	77	Vol.D. Eastern Atlantic Ocean, Western Indian Ocean, Arabian and Red Seas
<i>Sailing Directions</i>			
2.	Admiralty	64	Red Sea and Gulf of Aden Pilot
<i>List of Radio Signals</i>			
3.	Admiralty	281(1)	Maritime Radio Stations: Europe Africa and Asia (excluding the Far East)
4.	Admiralty	282(1)	Radio Aids to Navigation, Differential GPS (DGPS), Legal Time, Radio Time Signals and Electronic Position Fixing System Europe, Africa and Asia (excluding the Far East)
5.	Admiralty	283(1)	Maritime Safety Information Services: Europe Africa and Asia (excluding the Far East)
6.	Admiralty	284	Meteorological Observation Station
7.	Admiralty	285	Global Maritime Distress and Safety System (GMDSS)
8.	Admiralty	286(8)	Pilot Services – Vessel Traffic Services and Port Operations: Africa (excluding Mediterranean coast) Red Sea and the Persian Gulf
<i>Tide Tables</i>			
9.	Admiralty	203	Vol.3. Indian Ocean (including Tidal Stream Tables)
<i>Astronomical Publications</i>			
10.	Admiralty	314	The Nautical Almanac
11.	Admiralty	323	Star Finder and Identifier
<i>Miscellaneous Publications</i>			
12.	Admiralty	100	The Mariners Handbook
13.	Admiralty	131	Catalogue of Admiralty Charts and Publications
14.	Admiralty	133A	Paper Chart Maintenance Record
15.	Admiralty	136	Ocean Passages for the World
16.	Admiralty	234	Cumulative list of Admiralty Notices to Mariners

Продовження таблиці 2.2

№	1	2	3
17.	Admiralty	247	Annual Summary of Admiralty Notices to Mariners
18.	Admiralty	294	How to Correct your Charts the Admiralty Way
19.	Admiralty	735	IALA Maritime Buoyage System
20.	Admiralty	5011	Symbols and Abbreviations used on Admiralty Charts
21.	Admiralty	—	Ship's Routeing
22.	e-Book	—	Guide to Port Entry

2.2.1. Підготовка для прийому та обміну навігаційною інформацією на переході

У даному підрозділі опишемо та систематизуємо навігаційну інформацію, що передається за допомогою *GMDSS*, *NAVTEX*, *SAFETYNET* та факсимільних гідрометеорологічних карт.

Обираємо інформацію щодо факсимільних карт погоди за маршрутом переходу [List of Radio Signals / NP 283(1)] та зводимо її до таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Радіостанції факсимільних гідрометеорологічних передач

№	Радіостанція	Позначення і межа карти	Зміст передачі	Час передачі
1.	New Delhi	A 1:20 000 000 45°N 30°E; 45°N 125°E 25°S 30°E; 25°S 125°E	Surface analysis	0000(18)
		B 1:20 000 000 40°N 30°E; 40°N 125°E 0°30°E; 0° 125°E	Significant Weather Prognosis: for period 0300-1500 for period 0900-2100 for period 1500-0300 for period 2100-0300	0130(18) 0834(00) 1324(06) 2040(12)
			Wind & Temperature Forecast	0030(12)

Наводимо інформацію про райони NAVAREA та станції NAVTEX за маршрутом переходу [List of Radio Signals / NP 285] у таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Райони NAVAREA, станції NAVTEX на переході

№	Ділянка переходу	NAVAREA №	NAVTEX	NAVAREA
1.	Червоне море	IX	Al Qusayr [V]	PAKISTAN

В ході навігаційного опрацювання переходу готуємося обмінюватись інформацією з береговими контрольними постами, лоцманськими станціями, операторами портових терміналів у портах заходу.

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 [List of Radio Signals / NP 286(8)]. Отримані відомості зводимо в таблицю 2.5

Таблиця 2.5 – Зв'язок на переході

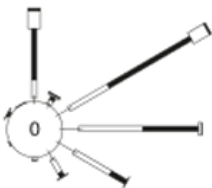
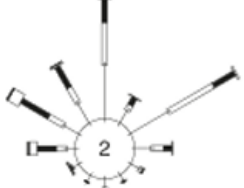
№	Станція	Спосіб зв'язку	Канали, частоти	№	Станція	Спосіб зв'язку	Канали, частоти
1.	<i>AQABA</i> Pilots Port Control VTS Tug Boat Agent	VHF	16 / 12 16 / 12 16 / 12 / 8 08 / 09 N/A	1.	<i>ADEN</i> Pilots Port Control VTS Tug Boat Agent	VHF	06 / 08 16 / 13 16 / 13 16 / 13 N/A

На підставі аналізу обраної навігаційної інформації робимо висновок, що для безпечного плавання на переході ми маємо достатньо інформаційного забезпечення.

2.2.2. Збір та аналіз гідрометеорологічної інформації

У даному підрозділі виконуємо аналіз гідрометеорологічних умов за маршрутом плавання Aqaba – Aden на листопад місяць. Для цього використовуємо середні багаторічні данні, які наведені в Sailing Directions та Pilot Charts.

Таблиця 2.6 – Вітер і розшифровка «роз вітрів»

Направлення вітру	Повторюваність вітру	Направлення вітру	Повторюваність вітру
N	51%	SW	2%
NE	5%	W	1%
E	6%	NW	24%
SE	1%	Calm	1%
S	9%	Середня швидкість	7 kts
Схема «РОЗИ ВІТРІВ»			

Таблиця 2.7 – Гідрологічні характеристики

Характеристики за ділянками	Aqaba	Red Sea	Aden
1	2	3	4
Атмосферний тиск, гПа	1015	1013	1014
Температура повітря, °C	28	32	30
Температура води, °C	25	30	28
Відносна вологість, %	63	56	53
Повторюваність туманів, дні	1	⊗	1
Хмарність, бали	2	2	2
Солоність води, ‰	38-41	40-42	35-36

Продовження таблиці 2.7

1		2	3	4
Щільність води, г/см ³		1.029	1.024-1.027	1.025
Постійні течії	направлення	N / NW	N	N
	швидкість, вузл	1/4	1/4	3/4
	постійність, %	30-70	< 30	30-70

2.2.3. Збір та аналіз навігаційної інформації при прибрежному плаванні

У даному підрозділі наводимо навігаційну та загальну інформацію щодо портів, місць лоцманської проводки, якірних стоянок, забезпеченість засобами навігаційного обладнання (ЗНО), які використовуються на прибрежних ділянках, використовуючи Sailing Directions [NP 64], List of Light & Fog Signals [NP 77], Guide to Port Entry (e-Book).

AQABA

(Aqaba, Jordan). $\varphi=29^{\circ}31'N$, $\lambda=35^{\circ}01'E$

Комерційний морський порт Aqaba є єдиним виходом до моря для Hashemite Kingdom of Jordan, та розташований у верхній частині затоки Aqaba. Південна межа порту – це уявна лінія під кутом 270° від мису Al Derrah Point (Saudi Border), приблизно за 10 миль від головного порту.

Максимальні розміри для порту. До 20 000 тонн дедвейту, максимальна осадка – 32 фути для вантажних причалів, та до 100 000 тонн дедвейту і 50 футів осадки для причалу навантаження фосфатів.

Обмеження. Вхід суден на якірну стоянку після заходу сонця не дозволяється. Швартування в темний час доби на нафтовому терміналі заборонено.

Суднам, що перевозять вантажі ІМО класу 1.1 – вибухові речовини, аміачну селітру, радіоактивні матеріали або хлорид калію – заборонено швартуватися біля причалу.

Лоцманська проводка обов'язкова для суден понад 50 NRT і застосовується на всій акваторії порту. Суднам дозволено рухатися без лоцмана в окремих аварійних випадках за умови отримання дозволу від Harbour Master.

Судна, які потребують лоцмана, повинні зв'язатися з Port of Aqaba Control за 1 годину до готовності до руху на каналах VHF 16 та 12. Попереднє повідомлення для суден, що потребують лоцмана, подається через агента, який зв'язується з Operations Department.

Зона посадки лоцмана – 1 морська миля від усіх причалів. Є 5 лоцманських катерів. Капітан залишається одноосібно відповідальним за будь-які пошкодження судна або берегових споруд та обладнання під час операцій швартування та відшвартування. Роль лоцмана – виключно дорадча.

Якірна стоянка. Глибини від 20 м до 90 м доступні на відстані 8 кабельтових від берега, на північний захід від основної портової зони.

Якорні стоянки 1-7 (ближче на схід) використовуються для вантажів, що перевантажуються на ліхтери.

Якорні стоянки 8-11 використовуються для суден, що очікують на швартування.

Під час завантаженості якорні стоянки можуть приймати до 14 суден у межах району обов'язкової лоцманської проводки. На якорі судна повинні залишатися щонайменше за 6 кабельтових від Royal Jetty.

Буксири – обов'язкові. Наявні 7 буксирів потужністю від 800 к.с. до 3200 к.с., а також 7 швартових та буксирних катерів потужністю від 80 к.с. до 380 к.с.

Погода. Капітанам слід враховувати, що в зимові місяці сильні південні шторми можуть розвиватися протягом 2 годин, супроводжуючись хвилюванням. У такому разі може виникнути необхідність для невеликих суден вийти в море, а також для суден, що стоять на якорі, – знятися з якоря та залишатися в морі, доки погода не покращиться.

Припливи – амплітуда припливу становить 1,2 м під час великих (сизигійних) припливів.

Обмеження. Усі танкери під час маневрування в порту повинні мати належне баластування до середньої баластної осадки, яка не повинна бути меншою ніж половина літньої осадки, а диферент на корму – не більше 6 футів. Ці величини є мінімальними за нормальних умов і можуть бути збільшені за необхідності на розсуд лоцмана.

Лоцманська проводка обов'язкова для всіх суден, що прямують до та з Внутрішньої гавані та Нафтової гавані в Little Aden. Для виклику лоцмана слід підняти міжнародний сигнальний прапор «G» або ввімкнути вночі червоний/білий/червоний вогні. Також можна викликати «Harbour Control» на VHF каналі 16. Повідомлення про орієнтовний час прибуття (ETA) із вказанням осадки подається до офісу порту за 48 годин.

Лоцманський катер зустрічає судно в точці 12°44' N, 44°57' E за будь-якої погоди. Лоцманський катер має червоний корпус і жовту надбудову, удень піднімає лоцманський прапор, уночі – несе білі/червоні вогні.

Лоцманський трап повинен бути підготовлений на лівому борту судна під час північно-східного мусону (з середини вересня до травня).

Якірна стоянка. У Зовнішній гавані доступні райони для якірної стоянки суден із глибинами від 6,0 м до 20,0 м. Ґрунт добрий для утримання якоря.

Менші судна стають на якір на північ від підхідного каналу до Нафтової гавані та на захід від підхідного каналу до Внутрішньої гавані.

Судна з осадкою 10,0 м або більше стають на якір на південь від підхідного каналу до Нафтової гавані та на захід від зовнішнього підхідного каналу до обох гаваней.

Якірна стоянка заборонена в радіусі 5 кабельтових від входу до зовнішнього підхідного каналу та в радіусі 2 кабельтових від будь-якої частини внутрішніх підхідних каналів порту.

Суднам слід врахувати, що в районі між Ras Tarshaun та Jazirat Salil існує багато старих, непрацюючих кабелів.

Буксири для обох гаваней зазвичай приєднуються одразу за межами хвилелому. У Нафтовій гавані Little Aden доступні 2 буксири потужністю 3200 к.с. кожен.

YEMEN

ADEN

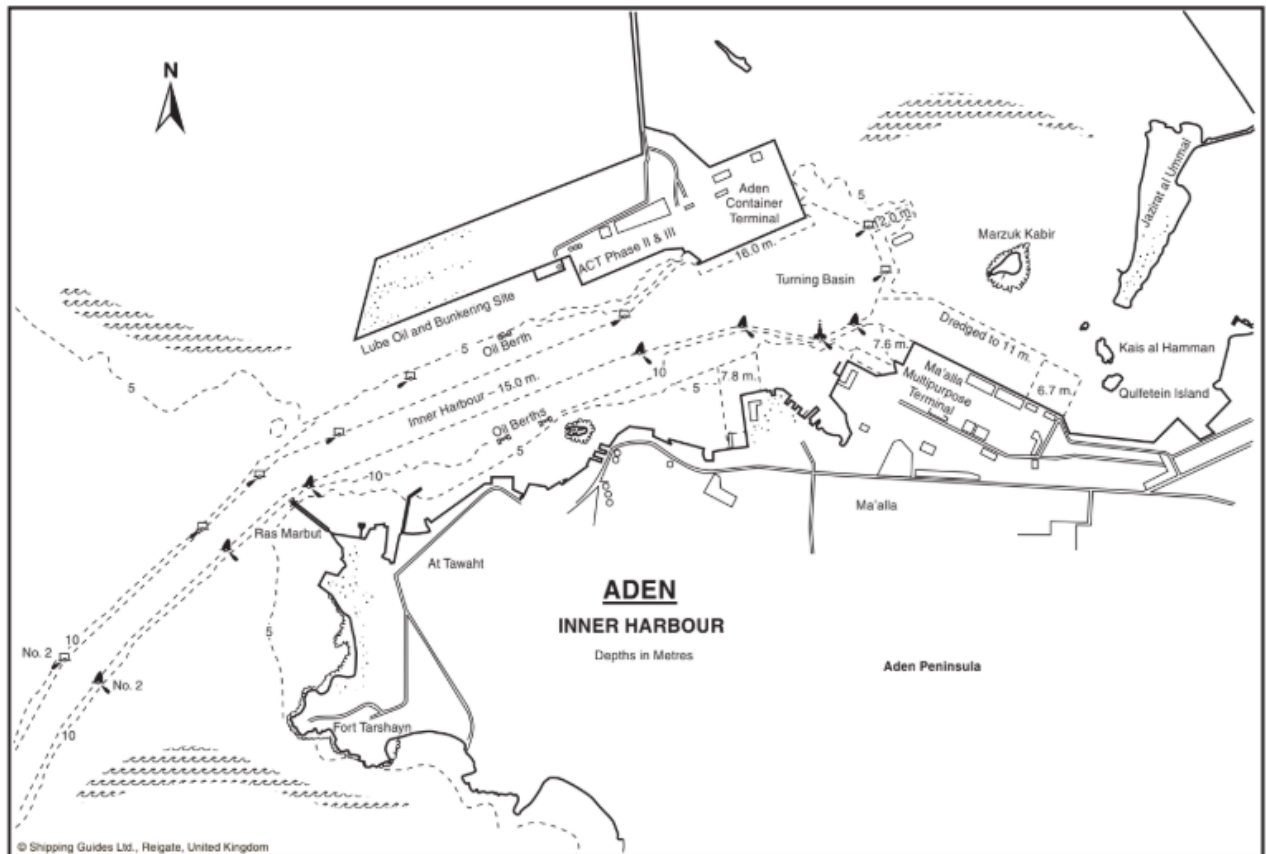


Рисунок 2.2 – План порту заходу

Таблиця 2.8 – Засоби навігаційного обладнання

№	Name	Position		Characteristics	Range
		φ	λ		
1.	Nuweibah Racon (N)	29°01.6' N	034°39.4' E	Fl(2+1) 20.0s	15 nm
2.	Enterprise Passage Racon(Y)	27°58.8' N	034°26.2' E	Fl 10.0s	15 nm
3.	Chisholm Pt Racon(C)	27°56.7' N	034°30.2' E	Fl(2+1) 20.0s	9 nm
4.	BN	16°56.6' N	041°23.6' E	Fl 4,0s	10 nm
5.	Jazirat At Tair	15°32.3' N	041°49.5' E	Fl 5,0s	17 nm
6.	Ras Marshaq	12°45.8' N	045°03.2' E	Oc 5,0s	23 nm
7.	Elephants Back	12°45.9' N	044°59.3' E	Fl 2,5s	26 nm

2.3. Навігаційні розрахунки для забезпечення безпеки плавання

2.3.1. Розрахунок ортодромії

На океанських переходах найкоротшою відстанню між двома точками є ортодромія (дуга великого кола). Перш ніж приймати рішення про плавання по ортодромії необхідно розрахувати доцільність плавання. Для цього знаходять довжину локсодромії і ортодромії, а потім виконують порівняння їх.

Посібник NP 136 «Ocean Passages for the World» призначене для полегшення рішення задачі по вибору шляху судна між найбільш важливими пунктами Світового океану, з урахуванням сезонних змін гідрометеорологічних умов плавання і експлуатаційних якостей судна.

Рейс є фактичним, на даному переході ортодромії немає, тому у магістерській роботі наведемо розрахунок ортодромії для двох довільних точок.

$$\textcircled{1}: \varphi_1 = 23^\circ 00' \text{ N}, \lambda_1 = 61^\circ 00' \text{ E}; \quad \textcircled{2}: \varphi_2 = 07^\circ 37' \text{ N}, \lambda_2 = 76^\circ 09' \text{ E}.$$

1. Знаходимо різницю широт:

φ_2	$+ 07^\circ 37'$
$-\varphi_1$	$+ 23^\circ 00'$
$\Delta \varphi$	$- 15^\circ 23' (-923')$

2. Знаходимо різницю довгот:

λ_2	$+ 76^\circ 09'$
$-\lambda_1$	$+ 61^\circ 00'$
$\Delta \lambda$	$- 15^\circ 09' (-909')$

3. Знаходимо різницю меридіональних частин:

$$m = 3437,75 \cdot \ln[\text{tg}(45^\circ + \varphi_2/2) / \text{tg}(45^\circ + \varphi_1/2)] = -960,28'.$$

4. Визначаємо локсодромічний курс (K_L) по формулі:

$$K_L = \arccos(m / \sqrt{(\Delta \lambda)^2 + m^2}) = 136,6^\circ \approx 137^\circ.$$

5. Розраховуємо локсодромічну відстань:

$$S_L = \Delta \varphi / \cos K_L \approx 1271 \text{ міль}.$$

6. Розраховуємо довжину ортодромії за формулою:

$$D = \arccos (\sin \varphi_1 \cdot \sin \varphi_2 + \cos \varphi_1 \cdot \cos \varphi_2 \cdot \cos \Delta \lambda) \approx 1271 \text{ міль.}$$

7. Визначаємо доцільність плавання по ортодромії:

$$\Delta D = S_{\text{л}} - D = 0.$$

$$\Delta D = ((S_{\text{л}} - D) / S_{\text{л}}) \cdot 100\% \approx 0,0\%.$$

Відповідно розрахункам, можна сказати, що плавання по ортодромії не доцільно.

2.3.2. Складання маршрутних листів

Призначення маршрутних листів – забезпечення безпеки мореплавання.

Після попередньої оцінки переходу підраховують і коригують загальну довжину шляху, уточнюють тривалість рейсу з урахуванням заходів в проміжні порти. Вимірюючи довжину окремих ділянок шляху, розраховуємо моменти підходу до основних точок поворотів, час проходу особливо небезпечних місць траси, обчислюємо моменти і пеленги відкриття і приховування основних маяків та проходження їх траверзів, передбачувані відстані до берегових об'єктів.

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

2.3.3. Графічний план переходу

Результати всієї попередньої роботи з навігаційного планування переходу оформляємо у вигляді графічного плану переходу (Рис. 2.5), на якому наносимо: курс судна, назви портів відходу / заходу, основні течії та рози вітрів.

Passage Plan: Aqaba, Jordan - Aden, Yemen

Date: 10.11.2025

Ship:	Gas Melody									
Dep. P/Stn:	Lat: 29° 22.900 N	Long: 034° 56.701 E	ETD:	Date: 10.11.2025	Arrival Port:	1	Aden, Yemen	Departure Port:	Aqaba, Jordan	
Arr. P/Stn:	Lat: 12° 43.994 N	Long: 044° 56.999 E	ETA:	Date: 14.11.2025	Draft:	10 m	Fwd:	7.5 m	Aft:	8.0 m (SW)
Dep. Air Draft:	37 m	Arr. Air Draft:	37 m	Draft restrictions:	10 m	Air Draft Restrictions:	N/A			
Total Distance:	1266.63 nm		Sailing Time:	4 days 3 hrs	Average Speed:	13 kts	Route Name:	Aqaba - Aden		

WP No.	WP Name	Position (Lat / Long.)	Course (to next WP)	Reference Point	Distance (to next WP)	Distance (sailed)	Safe Speed (to next WP)	Psn Verification (method/interval)	ETA (date/time)
0	JPRC TERMINAL berth	29° 23.139 N 034° 57.930 E	N/A	N/A	N/A	N/A	6.5 knots	Visual / Radar / GPS 15 min.	10.11.2025 1200 LT
1	AQABA P/S	29° 22.900 N 034° 56.701 E	257.5	0.86 nm 105.5	1.09 nm	1.03 nm	6.5 knots	Visual / Radar / GPS 15 min.	10.11.2025 1224 LT
2	RAS AL HUQAYLIYAH	29° 20.214 N 034° 52.670 E	232.7	3.54 nm 104.2	4.39 nm	5.42 nm	13.5 knots	Visual / Radar / GPS 30 min.	10.11.2025 1248 LT
3	AL MUSDUDAH ISLAND	28° 10.399 N 034° 30.072 E	195.9	5.36 nm 122.9	75.5 nm	77.93 nm	13.5 knots	Visual / Radar / GPS 30 min.	10.11.2025 1824 LT
4	TIRAN TSS IN	28° 01.112 N 034° 27.136 E	195.7	2.48 nm 115.2	9.61 nm	87.54 nm	10.5 knots	Visual / Radar / GPS 30 min.	10.11.2025 1918 LT
5	TIRAN TSS OUT	27° 56.863 N 034° 26.154 E	191.6	3.49 nm 092.5	4.29 nm	91.83 nm	10.5 knots	Visual / Radar / GPS 30 min.	10.11.2025 1942 LT
6	RAS MOHAMMAD CAPE	27° 42.562 N 034° 27.828 E	174.1	11.49 nm 274.3	14.32 nm	106.15 nm	13.5 knots	Visual / Radar / GPS 30 min.	10.11.2025 2042 LT
7	SHAAB ABU ISLANDS	23° 18.961 N 037° 08.858 E	151	N/A N/A	300.49 nm	406.64 nm	13.5 knots	Celestial / Radar / GPS 60 min.	11.11.2025 1900 LT
8	ARM GUARD EMBARKATION AREA	18° 38.535 N 039° 12.593 E	157.5	266.7 nm 20.76	302.42 nm	709.06 nm	13.5 knots	Celestial / Radar / GPS 60 min.	12.11.2025 1724 LT
9	LAT 18° N / HRA IN	18° 00.000 N 039° 41.000 E	144.9	N/A N/A	46.96 nm	756.02 nm	13.5 knots	Celestial / Radar / GPS 60 min.	12.11.2025 2054 LT
10	DAWHARAB ISLAND	16° 27.508 N 041° 06.574 E	138.4	N/A N/A	123.24 nm	879.26 nm	13.5 knots	Visual / Radar / GPS 30 min.	13.11.2025 0654 LT

Рисунок 2.2 – Маршрутный лист перехода Aqaba – Aden (1)

WP No.	WP Name	Position (Lat / Long.)	Course (to next WP)	Reference Point	Distance (to next WP)	Distance (sailed)	Safe Speed (to next WP)	Psn Verification (method/interval)	ETA (date/time)
11	SOUTH RED SEA TSS IN / SOUTH WEST ROCKS	13° 37.920 N N 042° 30.774 E E	154.2 °	4.96 nm 086.5 °	187.53 nm	1066.79 nm	13.5 knots	Visual / Radar / GPS 15 min.	13.11.2025 2054 LT
12	SW HAYCOCK	13° 30.267 N N 042° 34.785 E E	152.9 °	2.09 nm 055.5 °	8.49 nm	1075.28 nm	13.5 knots	Visual / Radar / GPS 15 min.	13.11.2025 2130 LT
13	TSS OUT	13° 25.814 N N 042° 41.704 E E	123.3 °	5.2 nm 211 °	8.14 nm	1083.42 nm	13.5 knots	Visual / Radar / GPS 15 min.	13.11.2025 2206 LT
14	BAM TSS IN	13° 12.706 N N 043° 02.219 E E	123.1 °	13.92 nm 222.9 °	23.8 nm	1107.22 nm	13.5 knots	Visual / Radar / GPS 15 min.	13.11.2025 2354 LT
15	BAM STRAIT IN	12° 43.201 N N 043° 16.294 E E	154.9 °	N/A nm N/A °	32.51 nm	1139.73 nm	13.5 knots	Visual / Radar / GPS 15 min.	14.11.2025 0218 LT
16	BAM STRAIT	12° 36.300 N N 043° 19.582 E E	154.9 °	4.73 nm 050.8 °	7.49 nm	1147.22 nm	13.5 knots	Visual / Radar / GPS 15 min.	14.11.2025 0248 LT
17	BAM TSS OUT / IRTC IN	12° 31.648 N N 043° 27.857 E E	119.8 °	3.74 nm 211.3 °	9.4 nm	1156.62 nm	13.5 knots	Visual / Radar / GPS 15 min.	14.11.2025 0330 LT
18	IRTC	12° 25.912 N N 043° 40.854 E E	114.2 °	N/A nm N/A °	13.95 nm	1170.57 nm	13.5 knots	Visual / Radar / GPS 15 min.	14.11.2025 0430 LT
19	X-ING W-BOUND LANE	12° 14.573 N N 044° 06.229 E E	114.4 °	N/A nm N/A °	26.99 nm	1197.57 nm	13.5 knots	Visual / Radar / GPS 15 min.	14.11.2025 0630 LT
20	IRTC OUT	12° 21.092 N N 044° 09.566 E E	026.7 °	16.38 nm 006.6 °	7.32 nm	1204.89 nm	13.5 knots	Visual / Radar / GPS 15 min.	14.11.2025 0700 LT
21	PORT ADEN APPROACH	12° 39.004 N N 044° 58.166 E E	069.4 °	7.07 nm 10.9 °	50.62 nm	1255.51 nm	13.5 knots	Visual / Radar / GPS 30 min.	14.11.2025 1048 LT
22	OUTER HARBOUR IN	12° 42.970 N N 044° 57.241 E E	347.1 °	2.55 nm 301.9 °	4.22 nm	1259.72 nm	6.5 knots	Visual / Radar / GPS 15 min.	14.11.2025 1124 LT
23	ADEN P/S	12° 43.994 N N 044° 56.999 E E	346.9 °	2.08 nm 292.4 °	1.04 nm	1260.77 nm	6.5 knots	Visual / Radar / GPS 15 min.	14.11.2025 1136 LT
24	SQUARE ISLAND	12° 45.075 N N 044° 56.706 E E	345.1 °	1.56 nm 279.2 °	1.09 nm	1261.86 nm	6.5 knots	Visual / Radar / GPS 15 min.	14.11.2025 1148 LT
25	ELEPHANTS BACK CAPE	12° 45.347 N N 044° 56.685 E E	355.6 °	2.59 nm 077.0 °	0.23 nm	1262.09 nm	6.5 knots	Visual / Radar / GPS 15 min.	14.11.2025 1150 LT

Рисунок 2.3 – Маршрутный лист перехода Aqaba – Aden (2)

WP No.	WP Name	Position (Lat / Long.)	Course (to next WP)	Wheel Over R.O.T	Distance (to next WP)	Distance (sailed)	Safe Speed (to next WP)	Psn Verification (method/interval)	ETA (date/time)
26	TURN TO INNER HARBOUR	12° 45.604 N 044° 56.787 E	021.4 ° E	1.39 ° 273.4 °	0.32 nm	1262.41 nm	6.5 knots	Visual / Radar / GPS 15 min.	14.11.2025 1154 LT
27	RAS TARSHAYN CAPE	12° 46.867 N 044° 57.484 E	028.4 ° E	0.73 ° 98.9 °	1.4 nm	1263.81 nm	6.5 knots	Visual / Radar / GPS 15 min.	14.11.2025 1206 LT
28	SAPPER BAY CAPE	12° 46.986 N 044° 57.608 E	045.6 ° E	0.68 ° 78.1 °	0.21 nm	1264.02 nm	6.5 knots	Visual / Radar / GPS 15 min.	14.11.2025 1208 LT
29	ENTERING INNER HARBOUR	12° 47.507 N 044° 58.186 E	047.4 ° E	0.08 ° 129.9 °	0.72 nm	1264.74 nm	6.5 knots	Visual / Radar / GPS 15 min.	14.11.2025 1212 LT
30	BERTH APPROACH	12° 48.121 N 044° 59.769 E	068.4 ° E	0.44 ° 104.8 °	1.6 nm	1266.34 nm	6.5 knots	Visual / Radar / GPS 15 min.	14.11.2025 1224 LT
31	BERTH 1	12° 48.292 N 044° 59.850 E	025.0 ° E	N/A ° N/A °	0.3 nm	1266.63 nm	6.5 knots	Visual / Radar / GPS 15 min.	14.11.2025 1230 LT

Publications and ENC Used:		VHF Communications			
Admiralty Publication Name	Used Area	Calling Station			
ADLL Area	5	Pilots			
ADRS (1,3,4,5)	1	Port Control			
ADRS (2)	1	VTS			
ADRS (6)	5	Tug Boat			
ATT Area	5	Agent			
Sailing Directions	e-NP64 Red Sea and Gulf of Aden				
ENC Used: EG3GOA01, EG3GOS03, EG4GOA15, EG5GOA1T, GB1DV000, GB2DVT00, GB2DVU00, GB2DVW00, GB2DVX00, GB2DVY00, GB300012, GB300081, GB300164, GB4DVU01, S14R0101, S14R0102, S14R0104		T&P in Force: 10052[EP]/24, 10053[EP]/24, 10054[EP]/24, 10055[EP]/24, 10475[EP]/23, 10487[EP]/21, 10876[EP]/25, 10881[EP]/25, 2672[P]/24, 4275[P]/25, 746[P]/25			

Рисунок 2.4 – Маршрутный лист перехода Aqaba – Aden (3)

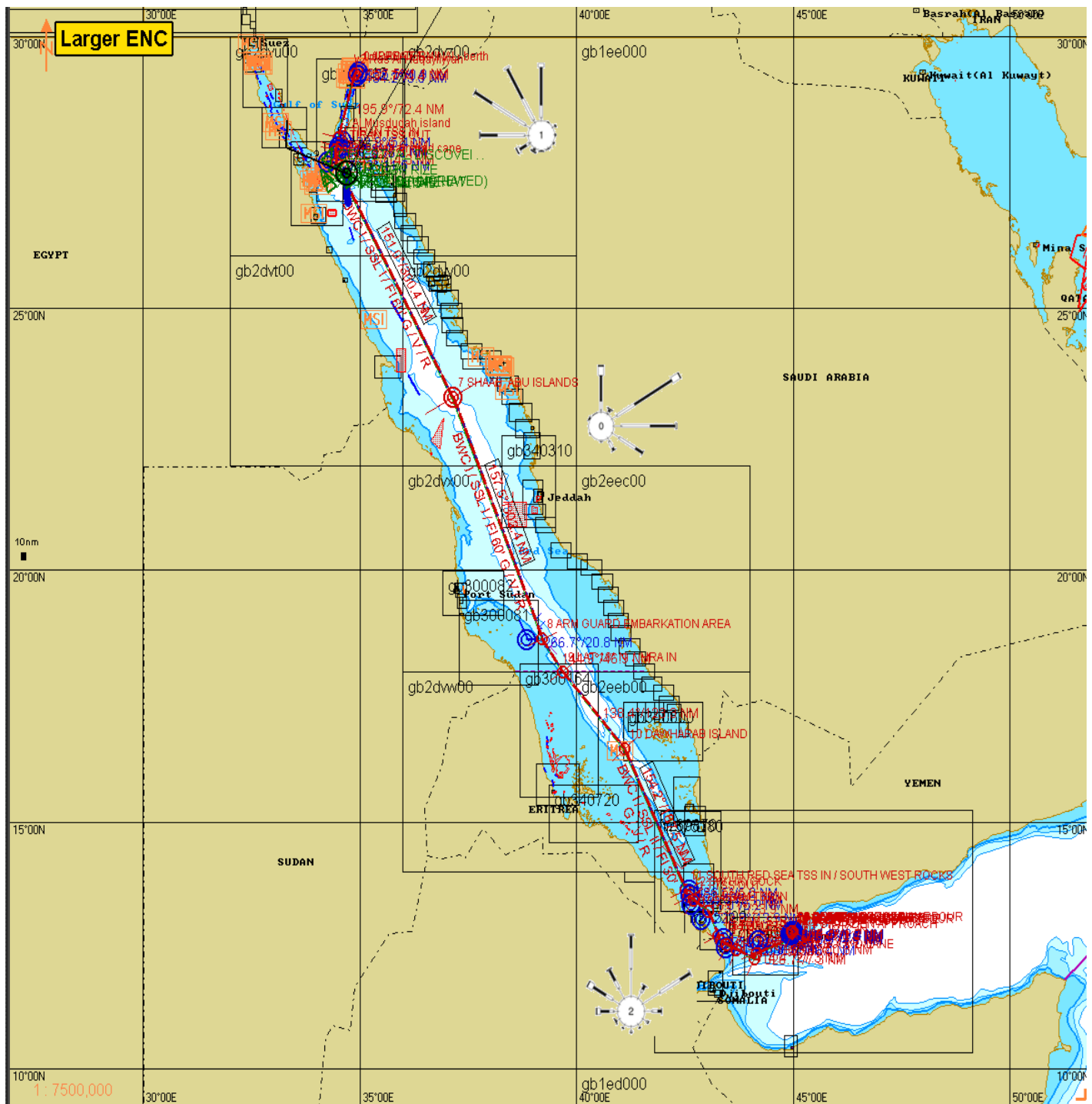


Рисунок 2.5 – Графічний план переходу Аqаба – Аден

2.3.4. Розрахунок природної освітленості

Розрахунки природної освітленості виконуємо за допомогою Nautical Almanac за наступною схемою:

Correct LMT = LMT for Lat + Lat correction + Long correction.

Місцевий час явища переводимо у Грінвічний:

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

Грінвічний час явища переводимо в судновий:

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

По широті місця судна φ і схиленню Сонця δ на моменти його сходу і заходу по формулі $\text{tg } Z_N = \sin t / (\text{tg } \delta \cdot \cos \varphi - \sin \varphi \cdot \cos t)$ розрахуємо азимути Сонця (A) при сході та заході, які також вносимо до таблиці 2.9.

Таблиця 2.9 – Елементи освітленості

Date 2025	Twilight	☀				Twilight	☾		
		Sunrise ZT	Z_N	Sunset ZT	Z_N		Moonrise ZT	Age day	Moonset ZT
10.11	06:07	07:00	109.7	17:48	250.3	18:41	01:06	20	14:39
11.11	06:07	07:01	109.6	17:52	250.4	18:45	02:11	21	15:21
12.11	05:39	06:28	108.8	17:46	251.2	18:35	–:–	22	15:43
13.11	05:24	06:12	108.6	17:41	251.4	18:29	03:24	23	16:19
14.11	05:10	05:58	108.7	17:31	251.3	18:19	04:21	24	16:49

2.3.5. Розрахунок висот припливів та побудова графіків припливів

У даному пункті приведемо розрахунок часу та висоти повної води (HW) і малої води (LW) на дату відходу та дату приходу для портів Aqaba та Aden з використанням суднової програми по припливам Tides V3.77.

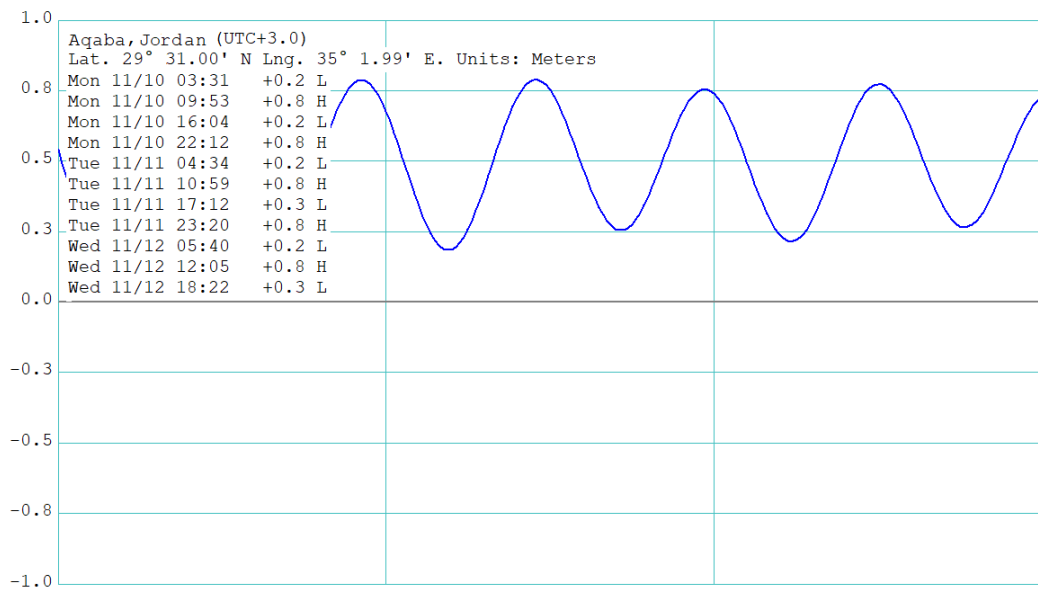


Рисунок 2.6 – Припливні явища в порту відходу

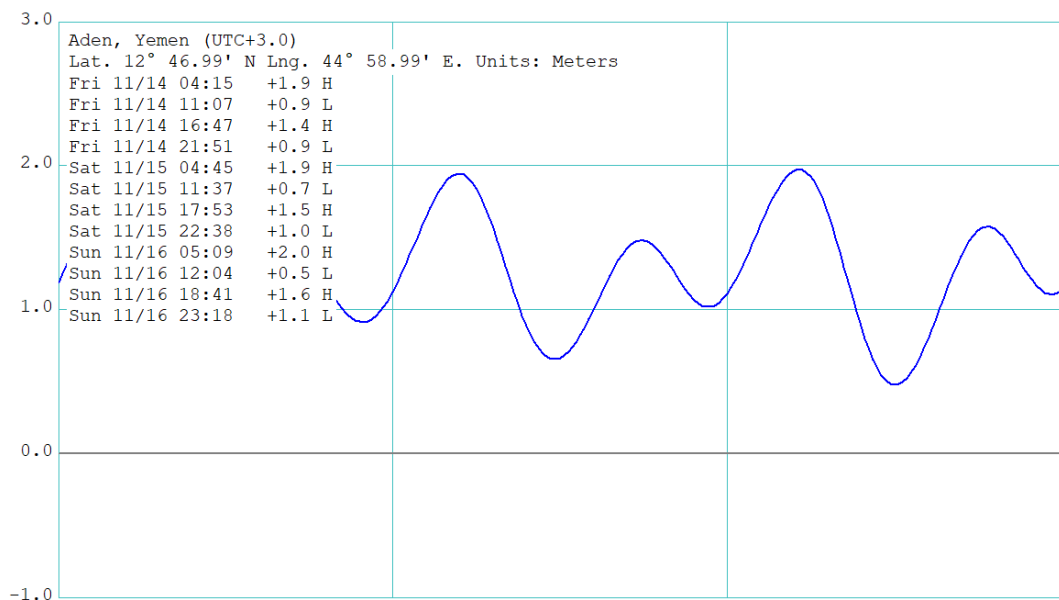


Рисунок 2.7 – Припливні явища в порту заходу

2.4 Висновки

Згідно з виконаним аналізом навігаційної та гідрометеорологічної інформації та навігаційними розрахунками, робимо висновок, що перехід Aqaba – Aden є оптимальним та безпечним в навігаційному відношенні.

РОЗДІЛ 3

ОБРОБКА І РОЗМІЩЕННЯ ВАНТАЖУ

3.1. Транспортні характеристики вантажу

Ключовим етапом у підготовці до розрахунку вантажного плану є ретельний аналіз транспортних характеристик та фізико-хімічних властивостей вантажів. Такий підхід дозволяє:

- визначити оптимальні умови та технологію перевезення;
- гарантувати збереження вантажу під час доставки;
- забезпечити ефективне оброблення вантажу в портах;
- максимально використати вантажопідйомність та вантажомісткість судна.

Пропан, C_3H_8 – органічна речовина класу алканов. Пропан зустрічається в природному газі, утворюється в процесі крекінгу нафтопродуктів та при розділенні попутного нафтового газу. Він також є побічним продуктом при переробці «жирного» природного газу та як побічна продукція при різних хімічних реакціях. Чистий пропан не має запаху, але для безпеки в технічний газ можуть додавати речовини з запахом. Як представник вуглеводневих газів, є пожежо- та вибухонебезпечним. Хоча він малотоксичний, пропан може впливати на центральну нервову систему, проявляючи слабкі наркотичні властивості.

Додаткова небезпека: обмороження.

Зріджений пропан утворює вибухонебезпечні суміші з повітрям при концентрації його парів у діапазоні від 2,1% до 9,5% (за об'ємом), за атмосферного тиску 98066 Па (1 атм) та температури 15-20°C.

Гранично допустима концентрація (ГДК) пропану в повітрі робочої зони (у перерахунку на вуглець) становить 300 мг/м³.

Фізичні властивості.

Безбарвний газ без запаху. Дуже мало розчинний у воді. Точка кипіння $-42\text{ }^{\circ}\text{C}$. Точка замерзання $-189,7\text{ }^{\circ}\text{C}$. Температура samozапалювання пропану в повітрі при тиску 0,1 МПа (760 мм рт. ст.) становить 450°C .

Густина газу при $15\text{ }^{\circ}\text{C}$, $-0,5150\text{ т/м}^3$.

Характеристики вантажу приведені на рис.3.1 та рис.3.2.

Технологічні режими перевезення.

Навантаження здійснюється закритим способом, починаючи з мінімальної інтенсивності, рекомендованої суднобудівним заводом. Це забезпечує:

- рівномірне охолодження вантажної системи;
- запобігання гідравлічним ударам;
- контроль за надходженням вантажу та відсутністю витоків;
- запобігання утворенню статичної електрики.

Навантаження починається з і закінчується інтенсивністю $100\text{ м}^3/\text{год}$. Максимальна інтенсивність навантаження $1800\text{ м}^3/\text{год}$.

Перед початком навантаження (або вивантаження) вантажну систему необхідно підготувати відповідно до технологічної карти, затвердженої капітаном. Відкриття запірних пристроїв вантажної системи має здійснюватися у певній послідовності, щоб уникнути гідравлічних ударів.

Перед початком навантаження необхідно інертизувати танки та охолодити їх до температури, близької до температури завантаження зрідженого пропану.

Швидкість охолодження танків повинна бути в межах від 4 до 5 град/год.

Навантаження слід починати, коли температура рідкої фази в танках не перевищує температуру газу, що завантажується, більше ніж на 5°C .

На початку охолодження танків запірний клапан з ручним приводом слід відкривати не повністю. Це дозволяє уникнути різкого зниження температури в трубопроводі після дроселюючого клапана.

У процесі вантажних операцій на судні необхідно контролювати тиск, температуру й рівень вантажу в танках.



MELLITAH Oil & Gas B.V.

PROPANE			
CAS No: 74-98-6 RTECS No: TX2275000 UN No: 1978 EC No: 601-003-00-5		n-Propane (cylinder) C ₂ H ₆ /CH ₃ CH ₂ CH ₃ Molecular mass: 44.1	
TYPES OF HAZARD/ EXPOSURE	ACUTE HAZARDS / SYMPTOMS	PREVENTION	FIRST AID FIRE FIGHTING
FIRE	Extremely flammable.	NO open flames NO sparks NO smoking	Shut off supply; if not possible and no risk to surroundings, let the the fire burn itself out; in other cases extinguish with powder, carbon dioxide
EXPLOSION	Gas / Air mixture are explosive	Closed system, ventilation, explosion-proof electrical equipment and lighting. Prevent build-up of electrostatic charges (e.g., by grounding) if in liquid state. Use non-sparking handtools	In case of fire: keep cylinder cool by spraying with water. Combat fire from a shaltered position.
EXPOSURE			
Inhalation	Drowsiness. Unconsciousness.	Closed system and ventilation.	Fresh air, rest, Artificial respiration may be needed. Refer for medical attention.
Skin	ON CONTACT WITH LIQUID: FROSTBITE	Cold-insulating gloves. Protective clothing.	ON FROSTBITE: rinse with plenty of water, do NOT remove clothes. Refer for medical attention
Eyes	ON CONTACT WITH LIQUID: FROSTBITE	Face shield.	First rinse with plenty of water for several minutes (remove contact lenses if easily possible), then take to a doctor.
SPILLAGE DISPOSAL		PACKAGING & LABELLING	
Eyacuate danger area! Consult an expert! Remove all ignition sources. Ventilation. NEVER direct water jet on liquid. (Extra personal protection self contained breathing apparatus.)		F+ Symbol R: 12 S: (2-)9-16 UN Hazard Class: 2.1	
EMERGENCY RESPONSE		STORAGE	
Transport Emergency Card: tec ®-20s 1978 NF.PA Code: H1: F4: R0		Fireproof. Cool.	
Prepared in the context of cooperation between the International Programme on Chemical Safety and the European Commission			

Рисунок 3.1 – Властивості вантажу (стор.1)

PROPANE	
IMPORTANT DATA	
Physical State; Appearance ODOURLESS, COLOURLESS COMPRESSED LIQUEFIED GAS Physical dangers. The gas is heavier than air and may travel along the ground; distant ignition possible, and may accumulate in low ceiling spaces causing deficiency of oxygen. As a result of flow, agitation, etc., electrostatic charges can be generated. Occupational exposure limits TLV:2500 ppm as TWA; (ACGIH 2003). MAK: 1000 ppm, 1800 mg/m ³ Peak limitation category: II(2); Pregnancy risk group: IIc; (DFG 2003).	Routes of exposure The substance can be absorbed into the body by inhalation. Inhalation risk On loss of containment this liquid evaporates very quickly displacing the air and causing a serious risk of suffocation when in confined areas. Effect on short-term exposure Rapid evaporation of the liquid may cause frostbite. The substance may cause effects on the central nervous system.
PHYSICAL PROPERTIES	
Boiling point: -42°C Melting point: -189.7°C Relative density (water = 1): 0,5 Solubility in water, g/100ml at 20° C: 0.007 Vapour pressure, kPa at 21.1°C: 840	Relative vapour density (air = 1): 1.6 Flash Point:-104° C Auto-ignition temperature: 450° C Explosive limit, vol% in air: 2.1-9.5 Octano/water partition coefficient as log Pow: 2.36
ENVIRONMENTAL DATA	
NOTES	
Check oxygen content before entering area. Turn leaking cylinder with the leak up to prevent escape of gas in liquid state. High concentrations in the air cause a deficiency of oxygen with the risk of unconsciousness or death.	
ADDITIONAL INFORMATION	
LEGAL NOTICE	Neither the EC nor IPCS nor any person acting on behalf of the EC or the IPCS is responsible for the use which might be made of this information.
©IPCS 2003	

Рисунок 3.2 – Властивості вантажу (стор.2)

У разі підвищення тиску в танку під час навантаження необхідно або задіяти додатковий компресор установки повторного зрідження газу, або зменшити інтенсивність навантаження.

Якщо під час вивантаження тиск у танку падає, необхідно збільшити подачу в нього парів газу або зменшити інтенсивність вивантаження.

Основні транспортні характеристики вантажу який перевозиться представлені в табличній формі.

Таблиця 3.1 – Транспортні характеристики вантажу

Назва вантажу	Густина вантажу при завантаженні (-10°C), т/м ³	IGC Code			Норми вантажних робіт, т/добу	
		Номер ООН	Тип судна	Спеціальні вимоги	Порт навантаження	Порт вивантаження
<i>Пропан</i>	0,549	1978	2G/2PG	–	21000	11000

Регламентується:

– Міжнародний кодекс будівництва та обладнання суден, що перевозять зріджені гази наливом (International Code for the Construction and Equipment of Ships carrying Liquefied Gases in Bulk (IGC Code));

– Керівництво з планування на випадок непередбачених обставин для газавозу поруч і в межах портів (A Guide to Contingency Planning for the Gas Carrier Alongside and Within Port Limits);

– Принципи звернення зріджених газів на суднах і терміналах (Liquefied Gas Handling Principles on Ships and in Terminals (SIGTTO));

– Міжнародна конвенція з охорони людського життя на морі (International Convention for the Safety of Life at Sea (SOLAS));

– Міжнародна конвенція по запобіганню забруднення з суден (International Convention for the Prevention of Pollution from Ships (MARPOL 73/78)).

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

Підготовка вантажних танків для переходу з одного вантажу на інший здійснюється згідно зі стандартними процедурами, описаними в «Посібнику зі зміни вантажів». Однак ці процедури можуть бути змінені на вимогу фрахтувальника.

Підготовка танків, відповідних трубопроводів та систем вимагає часу, і, як правило, проводиться під час переходу морем, на якорі або біля вільного причалу. Остаточна підготовка танків, включаючи продувку азотом та парами вантажу, зазвичай здійснюється біля причалу.

Ефективність, чіткість та швидкість виконання всіх процедур підготовки танків безпосередньо впливають на витрати судновласника в порту навантаження.

Інертизація. Для інертизації вантажних танків може використовуватися азот або інший інертний газ, вироблений судновою установкою ІГ. Вибір газу залежить від вимог фрахтувальника, зокрема, щодо мінімального вмісту кисню в атмосфері танка, точки роси, сумісності вантажу та інертного газу.

В англійській термінології:

PURGING – операції по заміні атмосфери танка азотом або інертним газом.

GASFREEING – операція по заміні атмосфери танка спочатку інертним газом або азотом, а потім чистим повітрям.

Інертизація – це процес заміщення вибухонебезпечної атмосфери вантажного танка інертним газом.

Інертний газ. Цей термін (інертний газ – ІГ) зазвичай використовується, коли йдеться про використання інертного газу, отриманого в суднових установках. За якістю та складом ІГ значно поступається азоту. Оскільки в суднових умовах ІГ виробляється шляхом спалювання палива в спеціальній установці, він містить механічні домішки, сажу, водяну пару, вуглекислий газ

та інші продукти згоряння палива. Точка роси ПГ коливається від 5°C до -60°C, а вміст кисню – від 0,1% до 5% за об'ємом.

Азот є хімічно неактивним (інертним) газом, який реагує з деякими елементами лише за високих тисків і температур у присутності каталізатора. Тому в нормальних умовах азот не вступає в реакцію з вантажами, що перевозяться на газозах.

Промислово вироблений азот містить не більше 5 ppm кисню, а його точка роси (зазвичай -67°C) відповідає вмісту парів води в газі не більше 4 ppm за об'ємом.

Вимоги до атмосфери танків при зміні вантажу. Атмосфера танка перед навантаженням того або іншого вантажу повинна відповідати вимогам «Посібника зі зміни вантажів» (*Changing Grades Guidelines*).

1. Вміст кисню в атмосфері танка (*Oxygen Content*) є ключовим фактором, що визначає вибухонебезпечність атмосфери. При вмісті кисню нижче 10,8% запалювання вибухонебезпечної суміші не відбувається навіть за наявності відкритого джерела вогню.

2. Точка роси (DEW POINT) – це температура, при якій в атмосфері починається конденсація водяної пари. Чим вище значення точки роси, тим більша концентрація водяної пари в атмосфері. Іншими словами, точка роси визначає вміст водяної пари в атмосфері.

Вимірювання точки роси необхідне з двох основних причин:

При навантаженні вантажів з температурою нижче нуля в танках може утворитися лід, що блокує трубопроводи та системи.

Під час перевезення хімічно чистих продуктів максимальний вміст води в них суворо обмежений.

3. Присутність попереднього вантажу (*Last Cargo Contents*). Фрахтувальники суворо лімітують присутність слідів попереднього вантажу в атмосфері танка після його продувки азотом.

4. Вміст вуглекислого CO₂; і чадного газів CO. Перевірка атмосфери танка на вміст таких газів у ній дуже важлива перед навантаженням

полімеризуючихся вантажів і етилену; вміст CO₂ і CO не повинен перевищувати концентрацій, зазначених у специфікації для даних вантажів.

Перед підходом до порту навантаження, звичайно за день, у морі, проводиться так званий «*Pre arrival*» – комплекс заходів і процедур по перевірці й підготовці судна до навантаження. Під час «*Pre arrival*» старпомом і молодшими штурманами перевіряються всі вантажні аларми, прокручуються вантажні насоси, перевіряється рівень масла у вантажних насосах, синхронізуються показання приладів біля вантажних танків і в CCR (*Cargo Control Room*) і робиться «*Line Up*» – підготовлюється лінія трубопроводу відповідно до плану навантаження.

Перевезення будь-якого вантажу на судах повинна супроводжуватися оформленням необхідного пакета комерційної документації. Під час перевезення зріджених газів обов'язкова наявність нижчеперелічених документів:

Коносамент (*Bill of Lading*). Це найбільш важливий документ, що підтверджує одержання вантажу судном. Звичайно коносамент підписує капітан з доручення судновласника й (або) фрахтувальника, тим самим підтверджуючи кількість вантажу, завантаженого на борт танкера відповідно до вимог чартеру, згідно яким вантаж повинен бути доставлений у порт призначення в цілості й схоронності.

Як правило виписується три оригінали коносамента, кожний з яких повинен бути підписаний відповідним чином і завірений судновою печаткою. Один оригінал направляється відправнику, другий екземпляр - перевізнику (судновласнику або фрахтувальнику), а третій направляється одержувачу вантажу. Копії коносамента в необхідній кількості надаються капітану судна з позначкою «*Copу*» і «*Non Negotiable*». Вантаж у порту призначення вивантажується після пред'явлення одержувачем оригіналу коносамент. Крім того, коносамент являється платіжним документом. До того моменту, поки одержувач не пред'явить оригінал коносаменту або не підтвердить своє право

на вантаж гарантійним листом (*Letter of Indemnity*), капітан не має права вивантажувати доставлений вантаж.

Сертифікат якості (*Certificate of Quality*). Це документ, у якому вказується специфікація на вантаж, його склад, якість, фізичні й хімічні властивості вантажу. Сертифікат дає термінал з доручення відправника вантажу або незалежна сюрвейерська організація. На підставі сертифіката про якість вантажу капітан підписує коносамент.

Сертифікат кількості (*Certificate of Quantity*). Цей документ підтверджує кількість вантажу, прийнятого на борт, і видається представником терміналу з доручення відправника вантажу. Сертифікат як правило завіряє незалежний сюрвейєр. Сертифікат кількості дозволяє капітану визначити, чи правильно зазначена кількість вантажу в коносаменті. Проте кількість вантажу, зазначена в коносаменті, завжди має пріоритетність у порівнянні з іншими вантажними документами.

Сертифікат про походження (*Certificate of Origin*). Видається виробником вантажу або відправником вантажу. У ньому вказується країна походження вантажу. Сертифікат повинен бути обов'язково підписаний митною службою порту відвантаження. У деяких країнах такий документ можуть вимагати державні органи, що контролюють експорт/імпорт товарів. Так само як і сертифікати на якість і кількість вантажу, цей документ не являється доповненням або додатком до коносаменту.

Акт обліку стояночного часу (*Time Sheet*). Детальний запис про час, витрачений судном на стояночні операції в порту (навантаження або вивантаження), виконує як правило судно, хоча в деяких випадках відправник вантажу може незалежно від судна вести облік стояночного часу в порту. Судновий агент погоджує акт обліку стояночного часу із представниками терміналу для того, щоб представити судовласнику й відправнику вантажу вже погоджений документ, у якому повинні бути зазначені всі основні моменти, що стосуються проведення вантажних операцій, затримки, очікування

та ін. Акт дозволяє розподілити витрати на обробку судна в порту між учасниками чартеру.

Вантажний маніфест на вантаж (*Cargo Manifest*). Звичайно готується судовим агентом або капітаном судна. У маніфесті вказуються:

- тип вантажу;
- порт навантаження;
- номер вантажу по ІМО;
- порт вивантаження;
- кількість кожного вантажу на борту відповідно до коносаментів;
- розміщення вантажу по танках;
- фрахтувальник судна;
- відправник вантажу;
- одержувач вантажу.

Маніфест пред'являється на вимогу портової влади або митної влади в порту вивантаження.

Додаткові вантажні документи.

Окрім основних комерційних документів, які вже згадувалися, існують додаткові документи, що регулюють вантажні операції.

Сертифікат про готовність танків (*Certificate of Tank Fitness* або *Tank Inspection Certificate Before Loading*): обов'язковий документ перед навантаженням, що підтверджує готовність судна до приймання вантажу.

Сертифікат про інспекцію танків після вивантаження (*Tank Inspection Certificate After Discharge* або *Tank Empty Certificate*): підтверджує повне вивантаження вантажу.

Акт про розбіжність у кількості вантажу (*Letter of Cargo Discrepancy* або *Cargo Discrepancy Certificate*): якщо при підрахунку вантажу в порту навантаження виникають розбіжності в кількості вантажу на борту більше ніж на 0,5%, судно зобов'язане підготувати цей акт для захисту інтересів судновласника та вручити його представнику терміналу.

У сучасній практиці морських перевезень все ширше використовується електронний обмін інформацією (*Electronic Data Exchange, EDI*). Це безпаперова технологія передачі та обміну інформацією і документами з комп'ютера на комп'ютер у вигляді електронних повідомлень (*messages*) з використанням телекомунікацій. Вона базується на системі стандартних повідомлень *EDIFACT (Electronic Data Interchange for Administration, Commerce and Transport)*.

Система EDI не замінює повністю паперову технологію обміну інформацією, але дозволяє користувачам:

Здійснювати контроль над перевезенням вантажів.

Приймати відповідні управлінські рішення.

Пересилати необхідну транспортну та товаросупровідну документацію.

3.3. Розрахунок чистої вантажопідйомності судна

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

Повна розрахункова водотоннажність судна Δ_p є вихідною величиною при визначенні його чистої вантажопідйомності Δ_q на рейс та залежить від вантажних марок в портах вантаження і вивантаження і вантажних марок і обмежень осадки на трасі переходу.

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

Перехід Aqaba – Aden проходить в зоні дії тропічної вантажної марки без обмежень по осадці. За розрахункову водотоннажність приймаємо, встановлену для зони дії тропічної вантажної марки.

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

$$\Delta_p = 34116,4 \text{ т.}$$

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

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

де Δ_0 – водотоннажність судна порожнього, т.

$$\Delta_w = 34116,6 - 9945,0 = 24171,6 \text{ т.}$$

Ходовий час визначається за формулою:

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

де V_s – швидкість судна;

S – протяжність траси переходу, милі;

t_{zn} – час затримки судна в дорозі, діб.

Ходовий час визначено в другому розділі і він становить 4 доби і 3 години, тобто $t_x = 4,13$ доби.

Стоянковий час як по порту вивантаження розраховується за формулою:

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

де Q_i – маса вантажу одного найменування, т;

n – кількість найменувань вантажу;

M – валова норма вантажних робіт, т/добу.

$$t_{ст} = 11035,7/11000 = 1,0 \text{ доби.}$$

Кількість вантажу, яку може прийняти судно, залежить від наявних запасів. Зазвичай немає потреби враховувати стоянкові запаси, які використовуються в порту навантаження, оскільки до моменту завершення навантаження ці запаси, передбачені на час навантаження, будуть витрачені. Тому загальна кількість рейсових запасів $P_{зап}$ розраховується як сума ходових запасів $P_{зап}^x$ і необхідних для порту вивантаження стоянкових запасів $P_{зап}^{ст}$:

$$P_{зап} = P_{зап}^x + P_{зап}^{ст}.$$

Маса ходових запасів визначається як сума:

$$P_x^{\text{зап}} = P_x^{\text{вп}} + P_x^{\text{дп}} + P_x^{\text{в}} + P_x^{\text{см}},$$

де $P_x^{\text{вп}}, P_x^{\text{дп}}, P_x^{\text{в}}, P_x^{\text{см}}$ – відповідно кількість важкого палива, дизельного палива, води й мастила необхідна на перехід від порту навантаження до порту вивантаження з урахуванням штормового запасу.

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

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

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

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

де $q_x^{\text{вп}}, q_x^{\text{дп}}, q_x^{\text{в}}, q_x^{\text{см}}$ – добова норма витрачання важкого палива, дизельного 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 1 добу.

$$P_x^{\text{вп}} = 31,0 \cdot (4,13 + 1) = 159,0 \text{ т.}$$

$$P_x^{\text{дп}} = 2,0 \cdot (4,13 + 1) = 10,3 \text{ т.}$$

$$P_x^{\text{в}} = 5,0 \cdot (4,13 + 1) = 25,7 \text{ т.}$$

$$P_x^{\text{см}} = 0,18 \cdot (4,13 + 1) = 0,9 \text{ т.}$$

$$P_x^{\text{зап}} = 159,0 + 10,3 + 25,7 + 0,9 = 195,9 \text{ т.}$$

Аналогічно знаходять кількість стоянкових запасів:

$$P_{\text{ст}}^{\text{зап}} = P_{\text{ст}}^{\text{вп}} + P_{\text{ст}}^{\text{дп}} + P_{\text{ст}}^{\text{в}} + P_{\text{ст}}^{\text{см}},$$

$$P_{\text{ст}}^{\text{вп}} = q_{\text{ст}}^{\text{вп}} \cdot t_{\text{ст}},$$

$$P_{\text{ст}}^{\text{дп}} = q_{\text{ст}}^{\text{дп}} \cdot t_{\text{ст}},$$

$$P_{\text{ст}}^{\text{в}} = q_{\text{ст}}^{\text{в}} \cdot t_{\text{ст}},$$

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

де $q_{\text{ст}}^{\text{вп}}, q_{\text{ст}}^{\text{дп}}, q_{\text{ст}}^{\text{в}}, q_{\text{ст}}^{\text{см}}$ – добова норма витрачання важкого палива, дизельного палива, води і мастила на стоянці судна відповідно, т/добу.

$$P_{\text{ст}}^{\text{вп}} = 3,0 \cdot 1,0 = 3,0 \text{ т.}$$

$$P_{\text{ст}}^{\text{дп}} = 5,0 \cdot 1,0 = 5,0 \text{ т.}$$

$$P_{\text{ст}}^{\text{в}} = 5,0 \cdot 1,0 = 5,0 \text{ т.}$$

$$P_{\text{ст}}^{\text{см}} = 0,03 \cdot 1,0 = 0,03 \text{ т.}$$

$$P_{\text{ст}}^{\text{зап}} = 3,0 + 5,0 + 5,0 + 0,0, = 13,03 \text{ т.}$$

$$P_{\text{зап}} = 195,9 + 13,03 = 208,93 \text{ т.}$$

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 1085,7 т; дизельного палива 209,6т; води 285,8 т; мастила 41,3 т; інших запасів 26,7 т.

Усього запасів з баластом $P_{\text{зап}} = 1649,1 \text{ т}$

За рейс буде витрачено 128,0 т важкого палива, 8,3 т дизельного палива, води 20,7 т і 0,7 т мастила.

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

$$\Delta_{\text{ч}} = \Delta_{\text{W}} - P_{\text{зап}} - \text{const},$$

де const – константа, яка включає всі невраховані в розрахунках вагові навантаження (екіпаж, постачання тощо)

$$\Delta_{\text{ч}} = 24171,6 - 1649,1 - 110,4 = 22412,1 \text{ т.}$$

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

Але фактична кількість вантажу, яку можна прийняти до перевезення на даний рейс та на дане судно залежить від чистої вантажопідйомності судна, вантажомісткості судна та густини вантажу.

Відповідно до рейсового завдання (*Voyage Order*) на судно було завантажено 11035,7 т вантажу.

Відомості про маси об'єми завантажених партій вантажу представлені в табл.3.2.

Таблиця 3.2 – Відомості про маси об'єми занурених партій вантажу

Найменування вантажу	Q_i Маса вантажу, т	U_i Густина вантажу, м ³ /т	V_i Об'єм зайнятий вантажем, м ³
Пропан	11035,7	0,549	20101,4

3.4. Складання вантажного плану

Неправильне або невдале розміщення вантажів, перевантаження окремих відсіків неминуче призводить до перенапряження корпусу, а в окремих випадках до пошкоджень і навіть аварії судна. Перевізник несе відповідальність за неправильне розміщення вантажів на судні.

Тому судно має бути завантажене таким чином, щоб забезпечити:

- відсутність крену;
- належний диферент;
- достатню остійність;
- відповідність умовам місцевої та загальної міцності.

Це досягається шляхом правильного розподілу вагового навантаження по вантажних приміщеннях судна.

При складанні вантажного плану можна використати 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, м³;

w_c – вантажомісткість судна, м³;

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 ($Q_{\text{заг}}$):

$$Q_i = K_i \cdot Q_{\text{заг}}.$$

При складанні вантажного плану наливного судна враховується максимальне заповнення вантажних танків на 98%.

Розрахунок проводимо в табличній формі.

Таблиця 3.3 – Розподіл вагового навантаження по вантажних приміщеннях судна

Найменування вантажного приміщення	Вантажомісткість вантажного приміщення W_i , м ³	Коефіцієнт порівняння, K_i	Вагове навантаження вантажного приміщення Q_i , т
NO.1 CARGO TK (P)	2040,0	0,09997	1103,2
NO.1 CARGO TK (S)	2040,0	0,09997	1103,2
NO.2 CARGO TK (P)	2762,5	0,13538	1494,0
NO.2 CARGO TK (S)	2762,5	0,13538	1494,0
NO.3 CARGO TK (P)	2762,5	0,13538	1494,0
NO.3 CARGO TK (S)	2762,5	0,13538	1494,0
NO.4 CARGO TK (P)	2561,4	0,12553	1385,4
NO.4 CARGO TK (S)	2561,4	0,12553	1385,4
DC (Deck Tank)	152,6	0,00748	82,5
ВСЬОГО	20252,7	1,0	11035,7

3.5. Характеристика експлуатаційних умов рейсу

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

Гідрометеорологічні умови плавання і характеристика портів заходу в частині яка відноситься до вантажних операцій представлені в розділі 2.

Відстань між портами: $S = 1266,63$ миль.

Час виконання рейсу: 10.11.2025 – 14.11.2025.

Порт відходу – Aqaba (Jordan) – (29°31'N 35°01'E).

Густина води – $\rho = 1,029$ т/м³.

Вантажна марка – тропічна.

Ремонт – можливий дрібний ремонт. Ремонтні роботи можуть проводитися тільки з дозволу капітана порту.

Прісна вода– доступна, але в дуже обмежених кількостях, тому суднам рекомендується повністю запитися водою до прибуття.

Бункеровка – паливо типу 400-4000 per second (в'язкість за Редвудом) доступне в Adaba, але в обмежених кількостях. Якщо судно потребує більшої кількості, капітани повинні повідомити про це до прибуття, щоб можна було забезпечити кілька сотень тонн. Аналогічні домовленості можуть бути укладені щодо газойлю, але в набагато менших обсягах.

Фіксовані державні свята – Новий Рік 1 січня, день праці 1 травня, день незалежності 25 травня, день армії 10 червня, сходження на престол Його Величності короля Хусейна 11 серпня, день народження Його Величності короля Хусейна 14 листопада, різдво (тільки для християн) 25 грудня, новорічна ніч 31 грудня.

Робочий час – зазвичай з 07:00 до 14:00. Понаднормові години починаються з 17:00 і тривають до 01:00. Для суден, яким потрібно одна-дві години для завершення завантаження або розвантаження, робота може бути продовжена останньою зміною. Вся робота після 16:00 вважається понаднормовою. П'ятниця є офіційним вихідним днем. Однак робота на борту суден може продовжуватися за ставками понаднормової роботи, якщо цього вимагає власник або капітан.

Порт приходу: Aden (Yemen) – (12°48'N 44°54'E).

Густина води – $\rho = 1,025 \text{ т/м}^3$.

Вантажна марка – тропічна.

Ремонт – можна проводити капітальний та дрібний ремонт корпусу та механізмів, можна також проводити ремонт електрообладнання. Доступні послуги водолазів.

Прісна вода – прісна вода може поставлятися на баржах зі швидкістю 100т/год або в нафтовому порту з причальних гідрантів зі швидкістю 40 м³/год.

Бункеровка – бункери постачаються Департаментом бункерування Aden з 2 бункерних доків на південній стороні внутрішньої гавані. Бункерні споруди на північному березі експлуатуються компанією Arab Investment, Manufacturing and Trading Co (AIMT) на доці №7 і будуть постачати бункери баржами до всіх причалів у районі гавані.

Фіксовані державні свята – Новий Рік 1 січня, день праці 1 травня, день національної єдності 22 травня, національний день (або День революції 1963 року, Аден) 14 жовтня, День незалежності 30 листопада, банківський вихідний 31 грудня.

Робочий час – перша зміна 06:00-12:00, друга зміна 14:00-18:00 і третя зміна 18:00-06:00.

Перед прибуттям потрібно повідомити ЕТА принаймні за 24 години до прибуття, бажано за 48 годин.

Всі судна повинні надіслати PFSO та імміграційній службі порту ЕТА та список всіх членів екіпажу та пасажирів на борту за 48 годин до прибуття судна.

На прихід потрібно приготувати наступні документи:

1. Crew List – 5;
2. Passenger List – 2;
3. Tobacco/Spirits/Personal Effects List – 2;
4. Stores List – 2;
5. Health documents or certificate – 2;
6. Ship Sanitation Control Certificate – 1;
7. Load Line Certificate – 1;
8. Tonnage Certificate – 1;
9. Certificate of Registry – 1;
10. Safe Equipment Certificate – 1;
11. Cargo Gear Certificate – 1;
12. Vessel's Particulars – 3;
13. Bond Store List – 1;
14. Crew Declaration List – 1;
15. Last Port Clearance – 1;
16. Cargo Documents – 2 комплекти.

Судна повинні мати на борту встановлені законом сертифікати, список екіпажу та декларацію екіпажу. Лоцман повинен ознайомитися з сертифікатом реєстрації та декларацією про небезпечні вантажі (за наявності).

РОЗДІЛ 4

ОЦІНКА МОРЕХІДНИХ ЯКОСТЕЙ СУДНА

4.1. Розрахунок водотоннажності й координат центра ваги судна

Для оцінки морехідних якостей використовувалась Інформація про остійність (Final Trim & Stability Booklet No. HDS-56-B002) для судна Gas Melody (№ IMO – 9410624), яка затверджена 10 липня 2009 року класифікаційним товариством Lloyd's Register (Номер реєстрації 149625).

Координати центру ваги запасів і баласту в частково заповнених танках визначалися по фактичному заповненню з використанням каліброваних таблиць танків приведених в Інформації про остійність.

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

Розподіл запасів на судні на відхід і прихід представлений в таблиці 4.1 та таблиці 4.2.

Таблиця 4.1 – Розподіл запасів на відхід

Найменування цистерн	Місткість, т	Маса, т	Плечі, м		Моменти, тм	
			x	z	M _x	M _z
1	2	3	4	5	6	7
Моторне паливо $\rho = 0,990 \text{ т/м}^3$						
NO.1 H.F.O. TK (P)	552,4	348,5	61,32	7,51	21370	2617
NO.1 H.F.O. TK (S)	614,1	352,2	61,32	7,53	21597	2652
NO.2 H.F.O. TK (P)	341,9	155,4	-44,07	4,76	-6848	740
NO.2 H.F.O. TK (S)	245,3	137,3	-44,09	5,82	-6054	799
NO.1 H.F.O. SERV TK (P)	24,5	23,9	-44,90	11,48	-1073	274
NO.2 H.F.O. SERV TK (P)	24,6	24,1	-44,90	11,50	-1082	277
NO.1 H.F.O. SETT TK (P)	26,2	25,4	-44,90	11,47	-1140	291

Продовження таблиці 4.1

1	2	3	4	5	6	7
NO.2 H.F.O. SETT TK (P)	19,4	18,9	-44,88	11,48	-848	217
Всього моторного палива		1085,7	23,88	7,25	25922	7867
Дизельне паливо $\rho = 0,900 \text{ т/м}^3$						
M.D.O STOR. TK (S)	220,4	185,5	-44,08	8,95	-8177	1660
M.D.O SERV. TK (P)	24,9	24,1	-44,90	11,55	-1082	278
Всього дизельного палива		209,6	-44,77	9,25	-9259	1938
Мастило $\rho = 0,900 \text{ т/м}^3$						
M/E L.O. STOR. TK (P)	15,1	8,4	-54,50	13,44	-458	113
M/E L.O. SETT. TK (P)	15,1	7,9	-52,90	13,40	-418	106
G/E L.O. STOR. TK (P)	3,5	1,8	-48,50	13,37	-87	24
G/E L.O. SETT. TK (P)	4,0	2,1	-48,50	13,39	-102	28
NO.1CYL.O. STOR. TK (P)	15,1	8,2	-49,70	13,42	-408	110
NO.2CYL.O. STOR. TK (P)	15,1	7,3	-51,30	13,34	-374	97
MAIN L.O. SUMP. TK. (C)	12,6	5,6	-56,69	0,90	-317	5
Всього мастила		41,3	-52,40	11,69	-2164	483
Прісна вода $\rho = 1,000 \text{ т/м}^3$						
F.W.TK (P)	192,7	145,0	-74,55	14,36	-10810	2082
F.W.TK (S)	192,7	140,8	-74,55	14,31	-10497	2015
Всього прісної води		285,8	-74,55	14,34	-21307	4097
Інші танки						
S.T.C.W. TK (C)	21,3	21,3	-69,26	3,203	-1475	68
BILGE HOLDING TK (C)	31,8	2,5	-64,97	0,18	-162	0,5
OILY BILGE TK (P)	14,5	1,8	-57,14	0,45	-103	1
SLUDGE TK (P)	5,6	0,8	-50,90	7,15	-41	6
S/T L.O. SUMP. TK (S)	1,8	0,3	-62,46	1,38	-19	0,4
Всього		26,7	-67,42	2,85	-1800	76
ВСЬОГО ЗАПАСІВ		1649,1	-5,22	8,77	-8608	14461

Таблиця 4.2 – Розподіл запасів на прихід

Найменування цистерн	Місткість, т	Маса, т	Плечі, м		Моменти, тм	
			x	z	M _x	M _z
1	2	3	4	5	6	7
Моторне паливо $\rho = 0,990 \text{ т/м}^3$						
NO.1 H.F.O. TK (P)	552,4	294,5	61,31	6,85	18056	2017
NO.1 H.F.O. TK (S)	614,1	301,3	61,31	6,93	18473	2088
NO.2 H.F.O. TK (P)	341,9	142,2	-44,07	4,52	-6267	643
NO.2 H.F.O. TK (S)	245,3	127,4	-44,09	5,63	-5617	717
NO.1 H.F.O. SERV TK (P)	24,5	23,9	-44,90	11,48	-1073	274
NO.2 H.F.O. SERV TK (P)	24,6	24,1	-44,90	11,50	-1082	277
NO.1 H.F.O. SETT TK (P)	26,2	25,4	-44,90	11,47	-1140	291
NO.2 H.F.O. SETT TK (P)	19,4	18,9	-44,88	11,48	-848	217
Всього моторного палива		957,7	21,41	6,81	20502	6524
Дизельне паливо $\rho = 0,900 \text{ т/м}^3$						
M.D.O STOR. TK (S)	220,4	177,2	-44,08	8,69	-7811	1540
M.D.O SERV. TK (P)	24,9	24,1	-44,90	11,55	-1082	278
Всього дизельного палива		201,3	-44,18	9,03	-8893	1818
Масило $\rho = 0,900 \text{ т/м}^3$						
M/E L.O. STOR. TK (P)	15,1	8,2	-54,50	13,42	-447	110
M/E L.O. SETT. TK (P)	15,1	7,9	-52,90	13,40	-418	106
G/E L.O. STOR. TK (P)	3,5	1,8	-48,50	13,37	-87	24
G/E L.O. SETT. TK (P)	4,0	2,1	-48,50	13,39	-102	28
NO.1CYL.O. STOR. TK (P)	15,1	7,7	-49,70	13,37	-383	103
NO.2CYL.O. STOR. TK (P)	15,1	7,3	-51,30	13,34	-374	97
MAIN L.O. SUMP. TK. (C)	12,6	5,6	-56,69	0,90	-317	5
Всього мастила		40,6	-52,41	11,65	-2128	473
Прісна вода $\rho = 1,000 \text{ т/м}^3$						
F.W.TK (P)	192,7	134,0	-74,57	14,834	-9992	1988

Продовження таблиці 4.2

1	2	3	4	5	6	7
F.W.TK (S)	192,7	131,1	-74,57	14,834	-9776	1945
Всього прісної води		265,1	-74,57	14,84	-19768	3933
Інші танки						
S.T.C.W. TK (C)	21,3	21,3	-69,26	3,203	-1475	68
BILGE HOLDING TK (C)	31,8	2,5	-64,97	0,18	-162	0,5
OILY BILGE TK (P)	14,5	1,8	-57,14	0,45	-103	1
SLUDGE TK (P)	5,6	0,8	-50,90	7,15	-41	6
S/T L.O. SUMP. TK (S)	1,8	0,3	-62,46	1,38	-19	0,4
Всього		26,7	-67,42	2,85	-1800	76
ВСЬОГО ЗАПАСІВ		1491,4	-8,10	8,60	-12087	12824

Розподіл вантажу представлено в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Розподіл вантажу

Найменування приміщень	m, т	V, м ³	Плечі, м		Моменти, тм	
			x	z	M _x	M _z
NO.1 CARGO TK (P)	1110,8	2023,3	43,78	8,83	48631	9808
NO.1 CARGO TK (S)	1112,9	2027,1	43,78	8,83	48723	9827
NO.2 CARGO TK (P)	1508,3	2747,4	19,55	8,89	29487	13409
NO.2 CARGO TK (S)	1508,0	2746,8	19,55	8,88	29481	13391
NO.3 CARGO TK (P)	1507,7	2746,3	-6,05	8,88	-9122	13388
NO.3 CARGO TK (S)	1505,4	2742,1	-6,05	8,87	-9108	13353
NO.4 CARGO TK (P)	1389,7	2531,3	-30,85	8,85	-42872	12299
NO.4 CARGO TK (S)	1392,5	2536,4	-30,85	8,86	-42959	12338
DC (Deck Tank)	0,4	0,7	48,7	17,79	19	7
ВСЬОГО ВАНТАЖУ	11035,7	20101,4	4,74	8,86	52280	97820

Розподіл баласту представлено в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 – Розподіл баласту

Найменування цистерн	Місткість, т	Маса, т	Плечі, м		Моменти, тм	
			x	z	M _x	M _z
NO. 1 T.S.W.B. ТК (P)	406,0	360,0	45,85	14,83	16506	5339
NO. 1 T.S.W.B. ТК (S)	406,0	360,0	45,85	14,83	16506	5339
ВСЬОГО БАЛАСТУ:		720,0	45,85	14,83	33012	10678

На основі виконаних розрахунків розподілу вантажу, баласту та запасів, буде складено зведену таблицю даних та розраховано водотоннажність, із зазначенням координат центру ваги судна на прихід та відхід.

Таблиця 4.5 – Зведені дані і розрахунок водотоннажності на відхід

Найменування статей навантаження	Маса, т	Плечі, м		Моменти, тм	
		x	z	M _x	M _z
Судно порожнє	9945,0	-5,103	10,17	-50749	101141
Константа	110,4	-51,82	9,13	-5721	1008
Суднові запаси	1649,1	-5,22	8,77	-8608	14461
Вантаж	11035,7	4,74	8,86	52280	97820
Баласт	720,0	45,85	14,83	33012	10678
ВСЬОГО	23460,2	0,86	9,60	20214,0	225108,0

Таблиця 4.6 – Зведені дані і розрахунок водотоннажності на прихід

Найменування статей навантаження	Маса, т	Плечі, м		Моменти, тм	
		x	z	M _x	M _z
Судно порожнє	9945,0	-5,103	10,17	-50749	101141
Константа	110,4	-51,82	9,13	-5721	1008
Суднові запаси	1491,4	-8,10	8,60	-12087	12824
Вантаж	11035,7	4,74	8,86	52280	97820
Баласт	720,0	45,85	14,83	33012	10678
ВСЬОГО	23302,5	0,72	9,59	16735,0	223471,0

Схематично вантажний план представлений на рис.4.1.

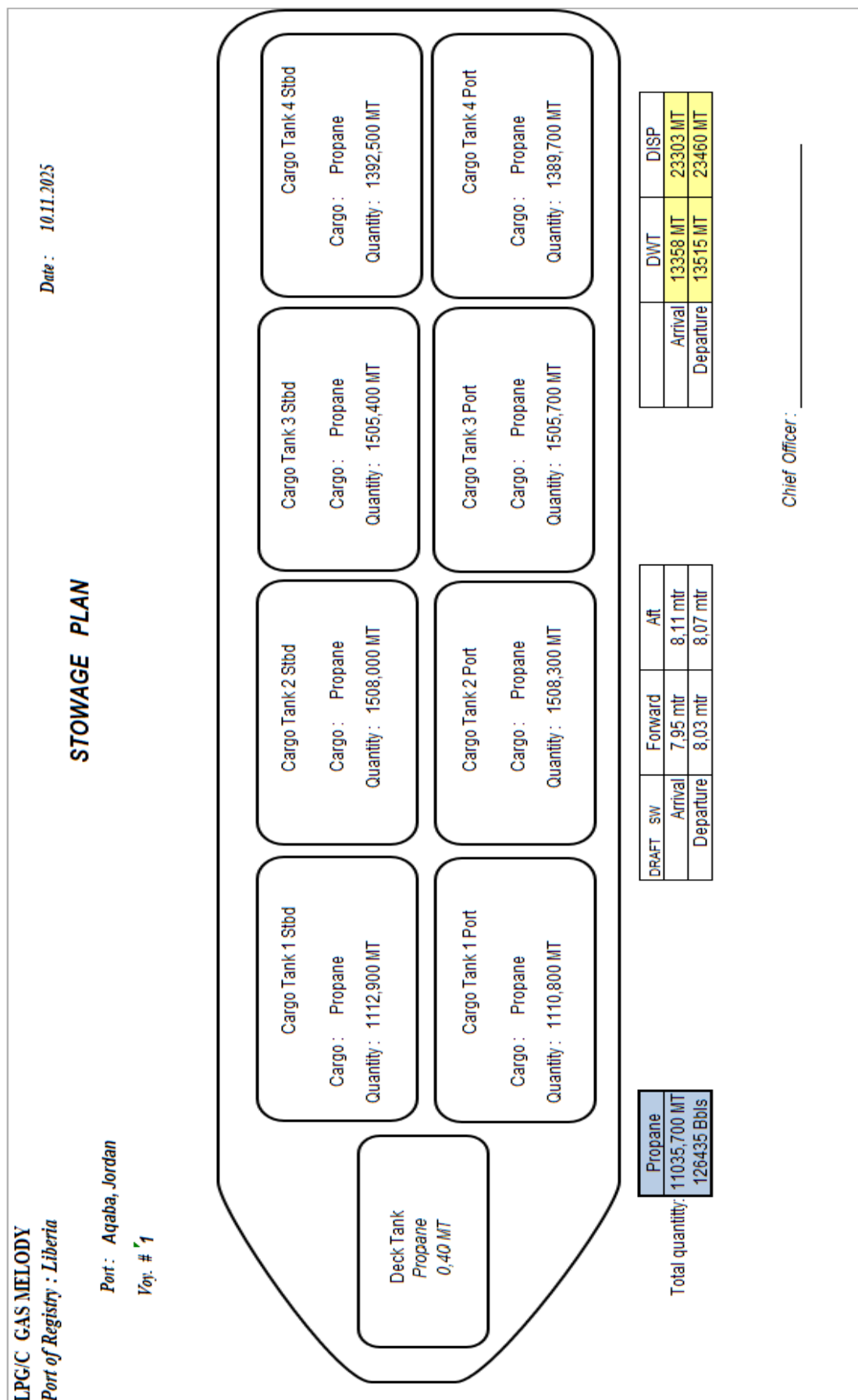


Рисунок 4.1 –Вантажный план судна «Gas Melody»

4.2. Розрахунки посадки і початкової остійності

Розрахунок посадки судна на відхід на прихід виконаний з використанням гідростатичних таблиць, які приведені в Інформації про остійність.

Таблиця 4.7 – Розрахунки посадки судна на відхід і на прихід

Найменування величин	Позначення і формули	Значення величин	
		відхід	прихід
Водотоннажність масова, т	D	23460,2	23302,5
Абсциса центра ваги судна, м	x_g	0,86	0,72
Водотоннажність об'ємна, м ³	$V = D / \rho$	22799	22734
Густина забортової води, т/м ³	ρ	1,029	1,025
Осадка судна, м	T	8,05	8,03
Момент диферентуючий на 1 см, тм/см	M_{cm}	303,9	303,2
Абсциса центра величини судна, м	x_c	0,914	0,924
Абсциса Ц.В. площі ватерлінії, м	x_f	-2,271	-2,23
Апліката поперечного метacentра, м	z_m	11,05	11,05
Коефіцієнт загальної повноти	δ	0,726	0,725
Диферент судна, м	$d = D(x_g - x_c) / (100M_{cm})$	-0,04	-0,16
Осадка судна носом, м	$T_H = T + (L/2 - x_f) d / L$	8,03	7,95
Осадка судна кормою, м	$T_K = T_H - d$	8,07	8,11

Для розрахунку та контролю остійності судна необхідно враховувати поправки на вплив вільної поверхні рідких вантажів (запасів) на метacentричну висоту та плечі статичної остійності. При розрахунку поправок на вільні поверхні враховуються цистерни запасів з найбільшим значенням Δm_h , незалежно від їхнього заповнення. По вантажних танках та танках баласту поправки визначаються для фактичного заповнення. Поправочні моменти Δm_h вибираються з таблиці даних по судових цистернах, що приводиться в Інформації.

Таблиця 4.8 – Виправлення на вплив вільної поверхні рідких вантажів

Назва цистерн	Δm_h , тм
NO.1 H.F.O. TK (P)	166
NO.1 H.F.O. TK (S)	275
NO.2 H.F.O. TK (P)	406
NO.2 H.F.O. TK (S)	44
M.D.O STOR. TK (S)	55
F.W.TK (P)	209
F.W.TK (S)	209
NO. 1 T.S.W.B. TK (P)	450
NO. 1 T.S.W.B. TK (S)	450
NO.1 CARGO TK (P)	161
NO.1 CARGO TK (S)	162
NO.2 CARGO TK (P)	184
NO.2 CARGO TK (S)	186
NO.3 CARGO TK (P)	188
NO.3 CARGO TK (S)	202
NO.4 CARGO TK (P)	221
NO.4 CARGO TK (S)	210
ВСЬОГО	3778

Розрахунок параметрів початкової остійності виконаний у таблиці 4.9.

Таблиця 4.9 – Розрахунок параметрів початкової остійності

Найменування величин	Позначення і формули	Значення величин	
		відхід	прихід
1	2	3	4
Водотоннажність масова, т	D	23460,2	23302,5
Невиправлена апліката центра ваги судна, м	z_{g0}	9,60	9,59
Апліката поперечного метacentра, м	z_m	11,05	11,05

Продовження таблиці 4.9

1	2	3	4
Невиправлена метацентрична висота, м	$h_0 = z_m - z_{g0}$	1,45	1,46
Виправлення на вільні поверхні, м	$\Delta h = \Sigma \Delta m_h / D$	0,16	0,16
Виправлена апліката центра ваги судна, м	$z_g = z_{g0} + \Delta h$	9,76	9,75
Виправлена метацентрична висота, м	$h = h_0 - \Delta h$	1,29	1,30

4.3. Контроль остійності за матеріалами Інформації

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

Таблиця 4.10– Перевірка остійності по критичній аплікаті центра ваги судна

Найменування величин	Позначення і формули	Значення величин	
		відхід	прихід
Водотоннажність масова, т	D	23460,2	23302,5
Виправлена апліката Ц.В. судна, м	z_g	9,76	9,75
Максимальна гранична апліката Ц.В., м	$z_g^{\max}$	10,90	10,90

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

4.4. Розрахунок і побудова діаграм остійності

Плечі статичної остійності розраховані з використанням таблиці плечей остійності форми (Cross-Curves of Stability). Ці плечі відлічуються від точки К, що відповідає кільовій лінії.

Плечі остійності ваги необхідно розраховувати за формулою:

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

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

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

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

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

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

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

Таблиця 4.11 – Розрахунок плечей статичної остійності на відхід

Водотоннажність D, т							23460,2	
Апліката центра ваги судна z_{g0} , м							9,60	
Апліката умовного центра мас z_m , м (полюс – точка «O»)							0,00	
Виправлена апліката центра ваги судна, $z_g = z_{g0} + \Delta h$, м							9,76	
$\Delta\theta = 0,1745 \approx 10^\circ/57,3$								
Кут крену θ°	Плеche форми, l_ϕ , м	$\sin \theta^\circ$	$z_g \cdot \sin \theta^\circ$	Плеche 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	1,937	0,174	1,698	0,239	4	0,956	3	0,717
20	3,916	0,342	3,338	0,578	2	1,156	3	1,734
30	5,972	0,500	4,880	1,092	4	4,368	1	1,092
40	7,885	0,643	6,276	1,609	1	1,609	$\sum_{30}$	3,543
50	9,135	0,766	7,476	1,659	$\sum_{40}$	8,089	$a_{0-30} = 0,232$	
60	9,806	0,866	8,452	1,354	$a_{0-40} = 0,471$			
70	10,020	0,940	9,174	0,846				
					$a_{30-40} = 0,471 - 0,232 = 0,239$			

Таблиця 4.12 – Розрахунок плечей статичної остійності на прихід

Водотоннажність D, т							23302,5	
Апліката центра ваги судна z _{g0} , м							9,59	
Апліката умовного центра мас z _m , м (полюс – точка «O»)							0,00	
Виправлена апліката центра ваги судна, z _g = z _{g0} + Δh, м							9,75	
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	Множ-ник	Добу-ток	Множ-ник	Добуток
0	0,00	0,000	0,000	0,000	1	0,000	1	0,000
10	1,938	0,174	1,697	0,241	4	0,964	3	0,723
20	3,918	0,342	3,335	0,583	2	1,166	3	1,749
30	5,974	0,500	4,875	1,099	4	4,396	1	1,099
40	7,888	0,643	6,269	1,619	1	1,619	Σ ₃₀	3,571
50	9,138	0,766	7,469	1,669	Σ ₄₀	8,145	a ₀₋₃₀ = 0,234	
60	9,809	0,866	8,444	1,365	a ₀₋₄₀ = 0,474			
70	10,023	0,940	9,165	0,858				
					a ₃₀₋₄₀ = 0,474-0,234 = 0,240			

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

4.5. Розрахунки нормованих параметрів остійності

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).

Розрахунок нормованих параметрів остійності виконаний у таблиці 4.13.

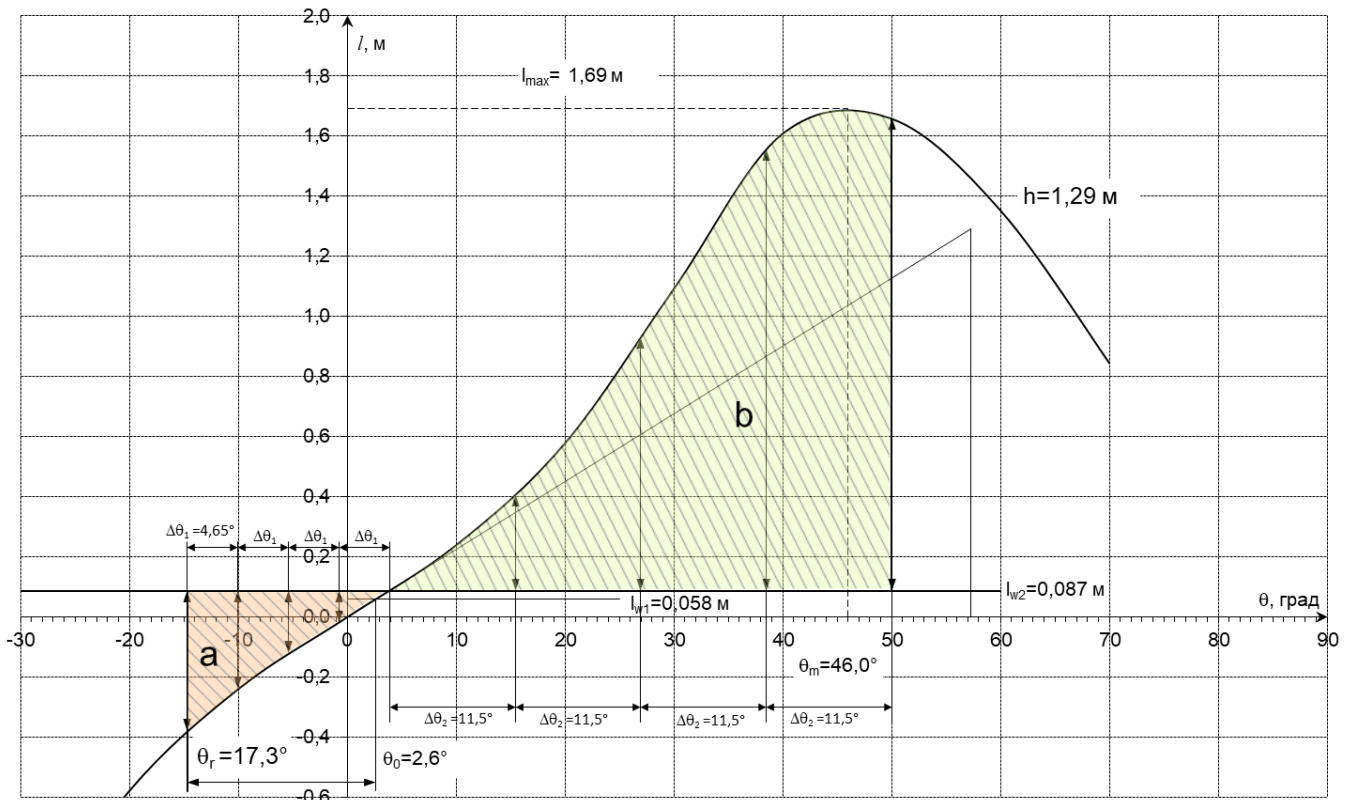


Рисунок 4.2 – Діаграма статичної остійності на відхід і визначення критерію погоди

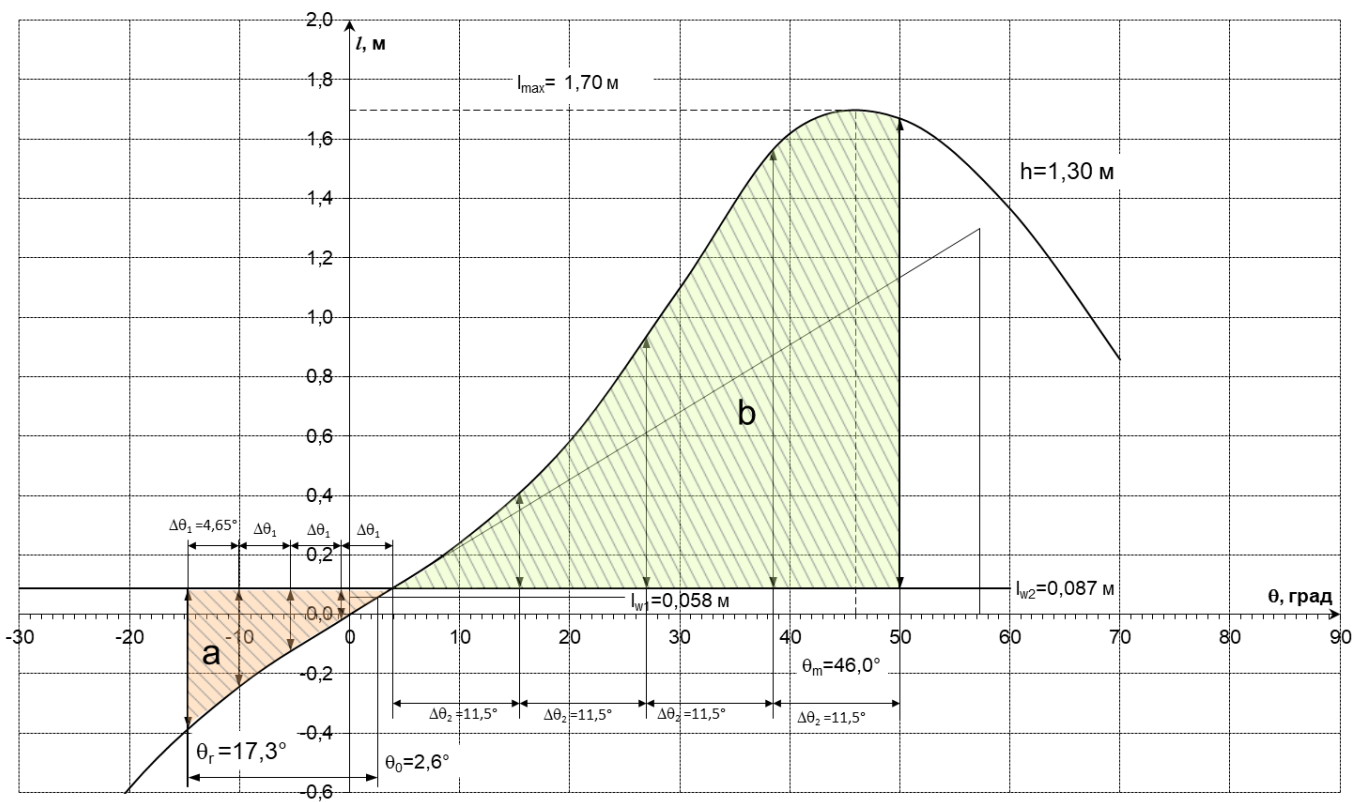


Рисунок 4.3 – Діаграма статичної остійності на прихід і визначення критерію погоди

Таблиця 4.13 – Розрахунок нормованих параметрів остійності

Найменування величин	Позначення і формули	Значення величин	
		відхід	прихід
1	2	3	4
Водотоннажність масова, т	D	23460,2	23302,5
Осадка судна, м	T	8,05	8,03
Виправлена метацентрична висота, м	h	1,29	1,30
Площа парусності, м ²	A _v	2286	2289
Апліката центра парусності (ЦП), м	z	7,51	7,52
Плече парусності при постійному вітрі, м	$z_v = z + T/2$	11,54	11,54
Плече кренувального моменту від тиску вітру, м	$l_{w1}=0,504A_v z_v / (g D)$	0,058	0,058
Кренувальне плече від пориву вітру, м	$l_{w2} = 1,5 l_{w1}$	0,087	0,087
Відносна площа скулових кілей, %	$100 A_k / (L B)$	0,653	
Коефіцієнт	k	0,987	
Відносна ширина	B/T	3,18	3,19
Безрозмірний множник	X ₁	0,864	0,862
Коефіцієнт загальної повноти	δ	0,726	0,725
Безрозмірний множник	X ₂	1,000	1,000
Інерційний коефіцієнт	$c=0,373+0,023B/T-0,043L/100$	0,381	0,381
Період хитавиці, с	$T_\theta = 2 c B / \sqrt{h}$	17,2	17,1
Коефіцієнт	S	0,0404	0,0407
Коефіцієнт	$r = 0,73+0,6 (z_g-T)/T$	0,857	0,859
Амплітуда хитавиці, °	$\theta_r = 109 k X_1 X_2 \sqrt{r S}$	17,3	17,3
Кут заливання, °	θ _f	79,6	79,7
Кут входу палуби у воду, °	$\theta_d = \arctg(2(H- T)/B)$	33,1	33,2
Кут крену від постійного вітру, °	θ ₀	2,6	2,6

Продовження таблиці 4.13

1	2	3	4
Кут крену при хитавиці назустріч вітру, °	$\theta_1 = \theta_r - \theta_0$	14,7	14,7
Границя площ. “b” діаграми праворуч, °	θ_b	50	50
Площа “a” діаграми, м-рад	a	0,071	0,071
Площа “b” діаграми, м-рад	b	0,698	0,703
Критерій погоди	$K = b / a$	9,83	9,90

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

$\Delta\theta_1 = (\theta_1 + 1,5\theta_0)/4 = (14,7 + 1,5 \cdot 2,6)/4 = 4,65^\circ$ $\Delta\theta_1^{\text{рад}} = 4,65^\circ/57,3 = 0,0812$ рад					
$\Delta\theta_2 = (\theta_b - 1,5\theta_0)/4 = (50 - 1,5 \cdot 2,6)/4 = 11,53^\circ$ $\Delta\theta_2^{\text{рад}} = 11,53^\circ/57,3 = 0,2011$ рад					
a_i	k_i	$a_i \cdot k_i$	b_i	k_i	$b_i \cdot k_i$
$a_1 = 0,467$	1	0,467	$b_1 = 0$	1	0
$a_2 = 0,326$	4	1,304	$b_2 = 0,320$	4	1,280
$a_3 = 0,207$	2	0,414	$b_3 = 0,843$	2	1,686
$a_4 = 0,105$	4	0,420	$b_4 = 1,470$	4	5,880
$a_5 = 0$	1	0	$b_5 = 1,572$	1	1,572
		$\Sigma_a = 2,605$			$\Sigma_b = 10,418$
$a = \frac{1}{3} \Sigma_a \cdot \Delta\theta_1^{\text{рад}} = \frac{1}{3} 2,605 \cdot 0,0812 =$ $= 0,071$			$b = \frac{1}{3} \Sigma_b \cdot \Delta\theta_2^{\text{рад}} = \frac{1}{3} 10,418 \cdot 0,2011 =$ $= 0,698$		

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

$\Delta\theta_1 = (\theta_1 + 1,5\theta_0)/4 = (14,7 + 1,5 \cdot 2,6)/4 = 4,65^\circ$ $\Delta\theta_1^{\text{рад}} = 4,65^\circ/57,3 = 0,0812$ рад					
$\Delta\theta_2 = (\theta_b - 1,5\theta_0)/4 = (50 - 1,5 \cdot 2,6)/4 = 11,53^\circ$ $\Delta\theta_2^{\text{рад}} = 11,53^\circ/57,3 = 0,2011$ рад					
a_i	k_i	$a_i \cdot k_i$	b_i	k_i	$b_i \cdot k_i$
$a_1 = 0,472$	1	0,472	$b_1 = 0$	1	0
$a_2 = 0,330$	4	1,320	$b_2 = 0,323$	4	1,292
$a_3 = 0,209$	2	0,418	$b_3 = 0,848$	2	1,696
$a_4 = 0,105$	4	0,420	$b_4 = 1,480$	4	5,920
$a_5 = 0$	1	0	$b_5 = 1,582$	1	1,582
		$\Sigma_a = 2,630$			$\Sigma_b = 10,490$
$a = \frac{1}{3} \Sigma_a \cdot \Delta\theta_1^{\text{рад}} = \frac{1}{3} 2,630 \cdot 0,0812 = 0,071$			$b = \frac{1}{3} \Sigma_b \cdot \Delta\theta_2^{\text{рад}} = \frac{1}{3} 10,49 \cdot 0,2011 = 0,703$		

4.6. Перевірка виконання рекомендованих ІМО критеріїв остійності

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

Таблиця 4.16 – Перевірка виконання рекомендацій ІМО

Найменування величин	Позна-чення	Значення величин			Викон. (YES/NO)
		норма-тивні	відхід	прихід	
1	2	3	4	5	6
<i>Загальні критерії:</i>					
Площа під ДСО до кута крену 30° , м·рад	A_{30}	$\geq 0,055$	0,232	0,234	YES
Площа під ДСО до кута крену 40° , м·рад	A_{40}	$\geq 0,09$	0,471	0,474	YES

Продовження таблиці 4.16

1	2	3	4	5	6
Площа під ДСО між 30° і 40° , м рад	A_{30-40}	$\geq 0,03$	0,239	0,240	YES
Плече ДСО при куті крену 30° або більше, м	l_{30}	$\geq 0,20$	1,092	1,099	YES
Кут крену, що відповідає максимуму ДСО, $^\circ$	θ_m	≥ 25	46,0	46,0	YES
Виправлена метацентрична висота, м	h	$> 0,15$	1,29	1,30	YES
Критерій погоди	K	≥ 1	9,83	9,90	YES
Кут крену від постійного вітру, $^\circ$	θ_0	≤ 16	2,6	2,6	YES

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

4.7. Перевірка загальної подовжньої міцності корпусу

Контроль загальної міцності судна здійснюється шляхом перевірки сил, що перерізають, та згинальних моментів у декількох поперечних перерізах по довжині корпусу.

Для кожного з вибраних перерізів необхідно:

розрахувати силу, що перерізує, та згинальний момент відповідно до прийнятого вантажного плану;

порівняти отримані значення з допустимими.

Контроль загальної міцності корпусу судна при його завантаженні виконаємо по затвердженій класифікаційним товариством програмі. Розрахунки будемо виконувати на відхід.

Результати розрахунку по судновій програмі перерізаючої сили (SF) і згинального моменту (BM) на відхід судна представлені в таблиці 4.17.

Таблиця 4.17 – Перевірка загальної подовжньої міцності корпусу на відхід

Переріз	X, м	SF, т	SFsea, %	Доп.SF, т	BM, тм	BMsea, %	Доп.BM, тм
10	8,00	447	27,9	1600	2228	14,4	15500
24	19,20	690	31,3	2200	9118	23,1	39400
38	30,40	630	22,5	2800	16716	26,4	63300
42	33,60	368	12,3	3000	18375	26,2	70100
72	57,60	-3	0,1	-3600	24452	25,2	97000
104	83,20	-419	11,6	-3600	19363	20,0	97000
136	108,80	-496	13,8	-3600	6927	7,5	92800
167	133,60	101	4,8	-2100	429	1,1	39900
178	142,40	-14	0,9	-1600	486	2,3	21100
182	145,60	-15	1,1	-1400	334	2,3	14300

Максимальна перерізуюча сила 17571 (69%) на 33 шпангоуті.

Максимальний згинальний момент 690 т (31,3%) на 24 шпангоуті.

На рис. 4.4 представлена епюра перерізуючих сил і згинальних моментів на відхід.

Проаналізувавши результати розрахунку, які представлені в таблиці 4.17 і на рис.4.4, можна зробити висновок, що протягом усього рейсу загальна позовжня міцність забезпечена.

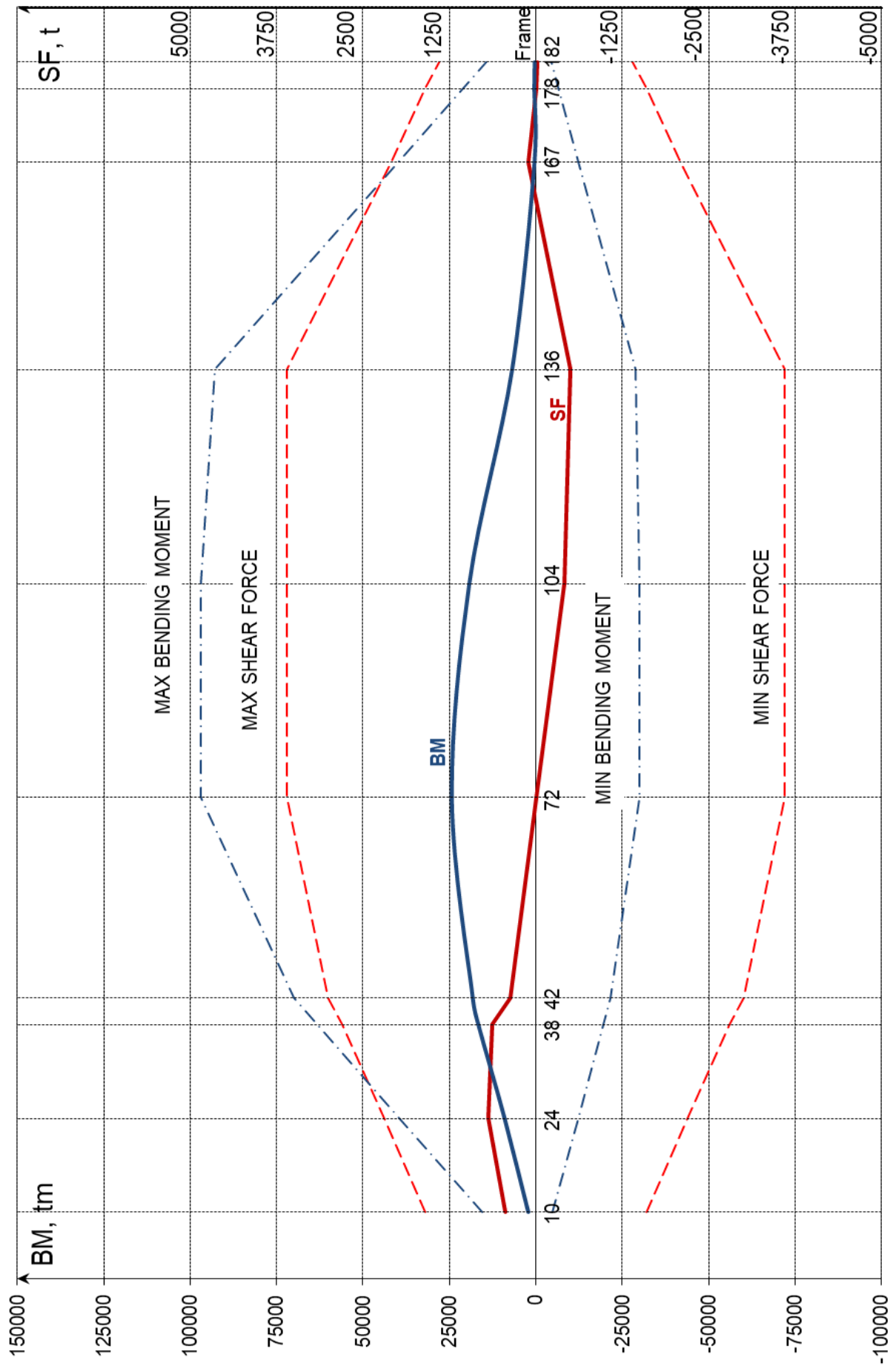


Рисунок 4.4 – Епюра перерізуючих сил і згинальних моментів на відхід

РОЗДІЛ 5

ВИЗНАЧЕННЯ МАКСИМАЛЬНОГО ЧАСУ ПОЧАТКУ МАНЕВРУ РОЗХОДЖЕННЯ МОРСЬКИХ СУДЕН

5.1 Огляд наукових підходів до забезпечення безпеки маневрування та уникнення зіткнення суден

Сучасне судноплавство характеризується стабільним зростанням обсягів вантажоперевезень суднами різних розмірів і призначенням. За цих умов процеси маневрування ускладнюються, що зумовлює необхідність високоточної прогнозовної оцінки руху сусідніх суден та оперативного ухвалення рішень щодо уникнення зіткнень. Наявні дослідження засвідчують, що проблема забезпечення безпеки судноплавства посідає важливе місце в сучасній морській науці та розглядається з різних теоретичних позицій, а також з урахуванням практичних особливостей експлуатації суден у різних навігаційних умовах.

У роботах [37; 38] запропоновано підходи до формування гнучких стратегій уникнення зіткнень із використанням локально незалежних методів керування та методів нечіткої логіки. Зазначені стратегії враховують вимоги Міжнародних правил запобігання зіткненням суден у морі (COLREG-72), навігаційні ризики та динамічні характеристики судна.

Автори роботи [39] досліджують типи взаємодії між судами різних класів у ситуаціях небезпечного зближення та пропонують методи компенсації ситуативних збурень залежно від рівня небезпеки.

У науковій праці [40] узагальнено принципи локально незалежного та дистанційного керування процесом розходження суден, що перебувають у небезпечній фазі зближення. Автори здійснюють аналіз методів практичної реалізації цих принципів і визначають перспективні напрями підвищення безпеки маневрування.

Публікація [41] зосереджена на проблематиці надмірної близькості суден та надає обґрунтування стратегії аварійного розходження, спрямованої на мінімізацію ймовірності виникнення аварійної ситуації.

Питання урахування навігаційних ризиків та інерційних характеристик судна під час формування параметрів маневру розходження розкрито у працях [42; 43]. У роботі [44] запропоновано метод вибору оптимального маневру для розходження шляхом зміни курсу, спрямований на мінімізацію ймовірності небезпечного зближення. У публікації [45] акцентовано проблему недостатності технічних можливостей системи управління рухом суден (VTMS) у районах високої концентрації суден. Для розв'язання цього завдання запропоновано новий метод на основі нечіткої логіки та аналітичної моделі морської геоінформаційної системи (GIS), що забезпечує високу точність прогнозування часу й місця потенційного зіткнення.

У роботі [46] процес розходження суден формалізовано в термінах диференціальної гри. Автори порівнюють п'ять алгоритмів визначення безпечної траєкторії в умовах ризику зіткнення та демонструють їх ефективність за допомогою комп'ютерного моделювання в реальних морських навігаційних ситуаціях. Публікації [47; 48] свідчать, що автоматизація керування судном може ґрунтуватися як на класичних математичних моделях і алгоритмах, так і на інтелектуальних комп'ютерних технологіях. У роботі [49] розглянуто застосування штучного інтелекту, нейронних мереж та гібридних систем для підвищення автономності та надійності систем керування.

Таким чином, аналіз літератури підтверджує актуальність розроблення нових підходів до прогнозування параметрів безпечного маневрування. У цьому контексті метою даного розділу магістерської роботи є створення методу прогнозування максимального часу початку маневру розходження, що забезпечить зменшення ризику виникнення аварійних ситуацій та підвищення ефективності системи підтримки навігаційних рішень.

5.2 Характеристика небезпеки зіткнення

Кожному судну відповідає двовимірний область S_{nd} , що називається областю неприпустимих положень (*доменом*), у яку небажано, щоб потрапляли будь-які сторонні об'єкти.

Область неприпустимих положень S_{nd} формується таким чином, що її границя відповідає нульовій ймовірності зіткнення суден.

Ризик зіткнення виникає тоді, коли прогнозується, що судно увійде в область неприпустимих положень S_{nd} партнера. Це заздалегідь сигналізує про майбутню неприпустиму ситуацію на основі прогнозу зміни відносного положення пари суден. Ризик зіткнення є умовним, оскільки на його істинність впливають можливі дії суден до досягнення неприпустимої ситуації.

Вочевидь, що ризик зіткнення виникає, коли прогнозоване значення найменшої дистанції зближення D_{min} є меншим за значення максимально допустимої дистанції зближення D_d , величина якої залежить від форми області неприпустимих положень та кута зближення суден.

Другою характеристикою ризику зіткнення є час найкоротшого зближення, тобто момент досягнення мінімальної дистанції. Однак як більш інформативну характеристику для процесу розходження можна запропонувати максимальний час початку маневру розходження t_{di} , значення якого має таку інтерпретацію:

— якщо за наявності небезпеки зіткнення дистанція між суднами перевищує значення D_d , а маневруюче судно може забезпечити максимальне значення найменшої дистанції зближення $\max D_{min}$, при якому $\max D_{min} > D_d$, то воно перебуває у допустимому положенні.

З часом, при незмінних параметрах руху суден, дистанція між ними зменшується, і в певний момент t_{di} досягається рівність — $\max D_{min} = D_d$

За подальшого зближення суден з незмінними параметрами руху — $\max D_{min} < D_d$, маневруюче судно потрапляє у підмножину неприпустимих

положень, і жоден маневр зміни курсу вже не дозволить пройти повз ціль на дистанції D_d .

5.3 Розрахунок моменту початку маневру

Визначимо аналітичний вираз для обчислення моменту часу t_{di} , коли маневруюче судно уникає зіткнення шляхом зміни курсу, з урахуванням співвідношення швидкостей маневруючого судна та цілі.

Спочатку розглянемо випадок, коли швидкість маневруючого судна більша за швидкість цілі, тобто: $\rho \geq 1$ (Рис. 5.1).

У цьому випадку момент часу t_{di} визначається тоді, коли судно досягає межі області неприпустимих положень цілі, тобто коли виконується рівність:

$$D(t_{di}) = D_d.$$

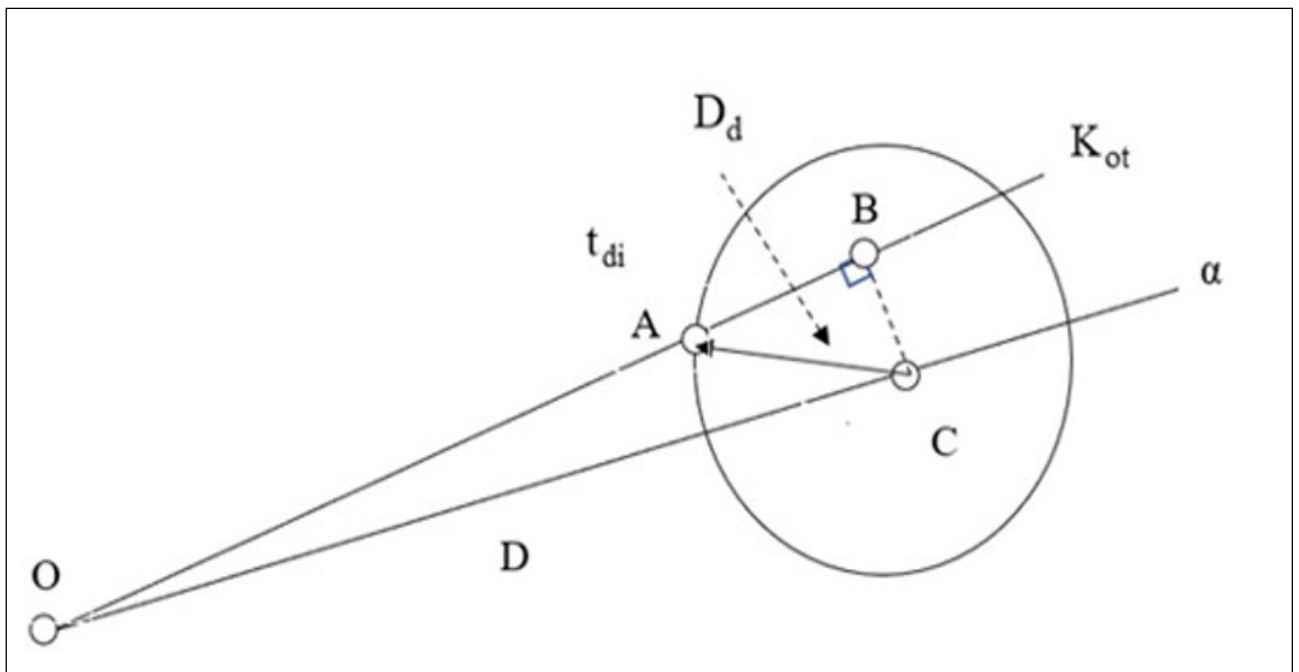


Рисунок 5.1 – Визначення t_{di} при $\rho \geq 1$

На рисунку 5.1 використовуються наступні значення:

O – маневруюче судно;

C – ціль;

t_{di} – максимальний час початку маневру розходження;

$D(t_{di}) = D_d$ – дистанція, яку проходить ціль до точки зближення;

K_{ot} – початковий напрям руху;

α, D – початкові пеленг та дистанція на ціль.

У роботі [14] отримано залежність поточної дистанції $D(t)$ від часу t за умови сталих параметрів відносного руху K_{ot} та V_{ot} :

$$D(t) = \sqrt{V_{ot}^2 t^2 + D^2 - 2DV_{ot}t \cos(K_{ot} - \alpha)}$$

де K_{ot} – початковий відносний курс, °;

V_{ot} – початкова відносна швидкість, вузли.

Записуємо рівняння:

$$D(t_{di}) = \sqrt{V_{ot}^2 t_{di}^2 + D^2 - 2DV_{ot}t_{di} \cos(K_{ot} - \alpha)} = D_d$$

звідки випливає:

$$V_{ot}^2 t_{di}^2 + D^2 - 2DV_{ot}t_{di} \cos(K_{ot} - \alpha) = D_d^2$$

Перепишемо це рівняння у вигляді:

$$V_{ot}^2 t_{di}^2 - 2DV_{ot}t_{di} \cos(K_{ot} - \alpha) + D^2 - D_d^2 = 0$$

$$\text{або:} \quad t_{di}^2 - 2kt_{di} + q = 0, \quad (5.1)$$

$$\text{де:} \quad k = \frac{D \cos(K_{ot} - \alpha)}{V_{ot}}$$

$$q = \frac{D^2 - D_d^2}{V_{ot}^2}$$

Розв'язавши рівняння (5.1) відносно змінної t_{di} , одержуємо:

$$t_{di,1,2} = k \pm \sqrt{k^2 - q}$$

Підставивши значення k та q , знайдемо корені t_{di1} та t_{di2} :

$$\begin{aligned}
t_{di1} &= \frac{D \cos(K_{ot} - \alpha)}{V_{ot}} + \sqrt{\frac{D^2 \cos^2(K_{ot} - \alpha)}{V_{ot}^2} - \frac{D^2 - D_d^2}{V_{ot}^2}} \\
&= \frac{1}{V_{ot}} \left\{ D \cos(K_{ot} - \alpha) + \sqrt{D_d^2 - D^2 [1 - \cos^2(K_{ot} - \alpha)]} \right\} \\
or &= \frac{1}{V_{ot}} \left\{ D \cos(K_{ot} - \alpha) + \sqrt{D_d^2 - D^2 \sin^2(K_{ot} - \alpha)} \right\} \\
t_{di2} &= \frac{1}{V_{ot}} \left\{ D \cos(K_{ot} - \alpha) - \sqrt{D_d^2 - D^2 \sin^2(K_{ot} - \alpha)} \right\}
\end{aligned}$$

Звернімо увагу, що момент часу t_{di} коли маневруюче судно досягає межі області неприпустимих положень, відповідає саме кореню t_{di2} рівняння (5.1) – точці А на рис. 5.1.

Отже:

$$t_{di} = \frac{1}{V_{ot}} \left\{ D \cos(K_{ot} - \alpha) - \sqrt{D_d^2 - D^2 \sin^2(K_{ot} - \alpha)} \right\} \quad (5.2)$$

Коректність отриманого аналітичного виразу для розрахунку підтверджується аналізом рис. 5.1, з якого випливає, що:

$$t_{di} = \frac{OA}{V_{ot}}$$

У свою чергу $OA = OB - AB$, причому $OB = D \cdot \cos(K_{ot} - \alpha)$ та:

$$AB = \sqrt{D_d^2 - D^2 \sin^2(K_{ot} - \alpha)}.$$

Таким чином, формула (5.2) є правильною.

Якщо швидкість судна, що маневрує, менша за швидкість цілі, тобто $\rho < 1$, то для виведення виразу для обчислення значення t_{di} ми використаємо рис. 5.2.

Для визначення моменту часу t_{di} , тобто моменту повороту на максимальний ухильний курс, скористаємося рис. 5.2., з якого випливає:

$$t_{di} = \frac{OM}{V_{ot}}$$

де: V_{ot} – початкова відносна швидкість.

Шукане значення "ОМ" визначається за виразом: $OM = \frac{x}{\sin(K_{ot} - K_{new})}$.

У разі, якщо маневр розбіжності виконується гальмуванням судна, що оперує, то момент часу t_{di} розраховується для ситуації, коли в результаті гальмування судно зупиняється, а дистанція найкоротшого зближення дорівнює гранично-допустимій дистанції. Очевидно, в момент зупинки судна, що маневрує, відносний курс дорівнює зворотному курсу цілі, яка у відносному русі є нерухомою, тобто: $K_{otf} = K_2 + 180$ а відносна швидкість дорівнює швидкості цілі. З урахуванням вищевикладеного для розрахунку t_{di} можна скористатися виразом (5.3), приймаючи $K_{otex} = K_{otf}$:

$$t_{di} = \frac{\Delta_y \times D \times \sin(K_2 + 180 - a) - D_d}{\Delta_y \times V_{ot} \times \sin(K_{ot} - K_2 - 180)}$$

Отримані вирази для розрахунку часу t_{di} не враховують динаміку судна. Тому з урахуванням динаміки маневруючого судна значення моменту t_{di}^* часу визначається виразом: $t_{di}^* = t_{di} - \Delta t$,

де: Δt – поправка часу за динаміку судна.

5.4 Визначення максимального часу початку маневру розходження

Завдання вибору оптимального маневру є дуже складним, оскільки процес керування рухом судна має виразні нелінійні та нестационарні характеристики, а сама задача має ігровий характер. Дослідження має теоретичний характер, розглядаючи можливість опису процесу розходження суден та його прогнозного моделювання.

Таблиця 5.1 – Початкові дані для $\rho = 1$ (Варіант 1)

Тип	Початкова відстань, милі	Швидкість, вузли	Час до зіткнення		Відстань до місця зіткнення, милі	Напрямок, °
			години	хвилини		
<i>VESSEL</i>	0	10	0,77	46,15	7,69	40,0
<i>TARGET</i>	10	3	0,77	46,15	2,31	35,0

Застосування отриманих формул (5.2) дає, за заданих початкових даних, результативний час для судна, що маневрує, аби досягти межі зони неприпустимих положень.

Для вказаних даних маємо час входу та виходу в межах цілі:

$$t_1 = 0,78 \text{ год};$$

$$t_2 = 1,21 \text{ год}.$$

Розрахунок кутів зміни курсу від початкового наведено в таблиці 5.2. Очевидно, що під час наближення до моменту зближення кути стають більшими та менш зручними для виконання маневру.

Таблиця 5.2 – Кут зміни курсу в різні моменти часу (Варіант 1)

Час, год	Дистанція, милі	Кут зміни курсу, °
0	10	8,34
0,05	9,5	9,06
0,1	9	9,86
0,15	8,5	10,75
0,2	8	11,77
0,25	7,5	12,92
0,3	7	14,25
0,35	6,5	15,80
0,4	6	17,62
0,45	5,5	19,81
0,5	5	22,49
0,55	4,5	25,85
0,6	4	30,23
0,65	3,5	36,25
0,7	3	45,28
0,75	2,5	62,38

Примітка:

- Зелений колір – оптимальний кут;
- Жовтий колір – попереджувальний кут;
- Помаранчевий колір – кут з ризиком зіткнення.

Беручи до уваги рекомендовані обмеження щодо зміни курсу судна в межах $0-20^\circ$ для уникнення зіткнення, ми бачимо поділ на три зони дії (рис. 5.3).

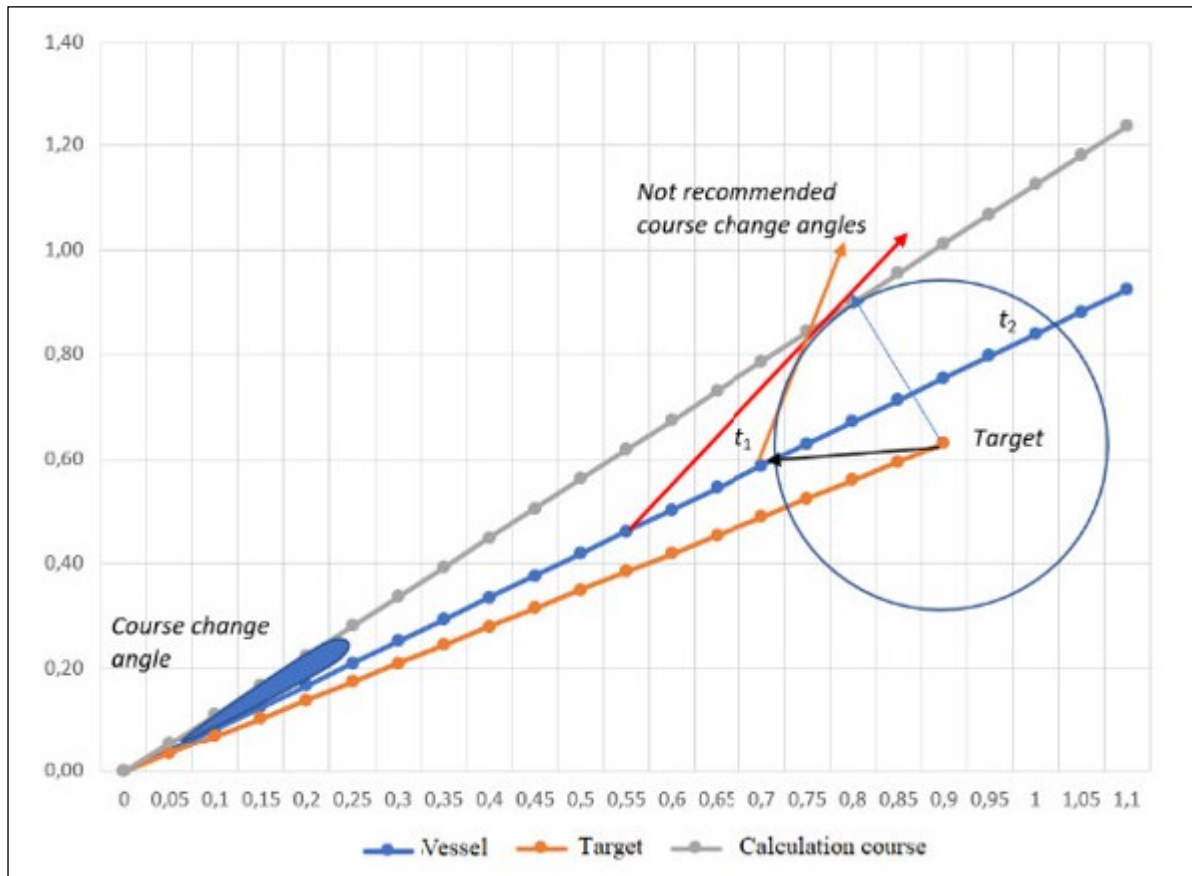


Рисунок 5.3 – Моделювання зміни курсу судна, що рухається (Варіант 1)

Для початкових даних при $\rho = 1$ (Варіант 2), наведених у таблиці 5.3, результати моделювання зміни курсу судна, що рухається, подано в таблиці 5.4 та на рисунку 5.4.

Таблиця 5.3 – Початкові дані для $\rho = 1$ (Варіант 2)

Тип	Початкова відстань, милі	Швидкість, вузли	Час до зіткнення		Відстань до місця зіткнення, милі	Напрямок, °
			години	хвилини		
<i>VESSEL</i>	0	16	0,79	47,37	12,63	33,0
<i>TARGET</i>	15	3	0,79	47,37	2,37	40,0

Таблиця 5.4 – Кут зміни курсу в різні моменти часу (Варіант 2)

Час, год	Дистанція, милі	Кут зміни курсу, °
0	15,0	2,08
0,05	14,2	2,60
0,1	13,4	3,18
0,15	12,6	3,83
0,2	11,8	4,58
0,25	11,0	5,43
0,3	10,3	6,43
0,35	9,5	7,59
0,4	8,7	8,99
0,45	7,9	10,68
0,5	7,1	12,78
0,55	6,4	15,46
0,6	5,6	19,01
0,65	4,9	23,99
0,7	4,1	31,56
0,75	3,4	45,14

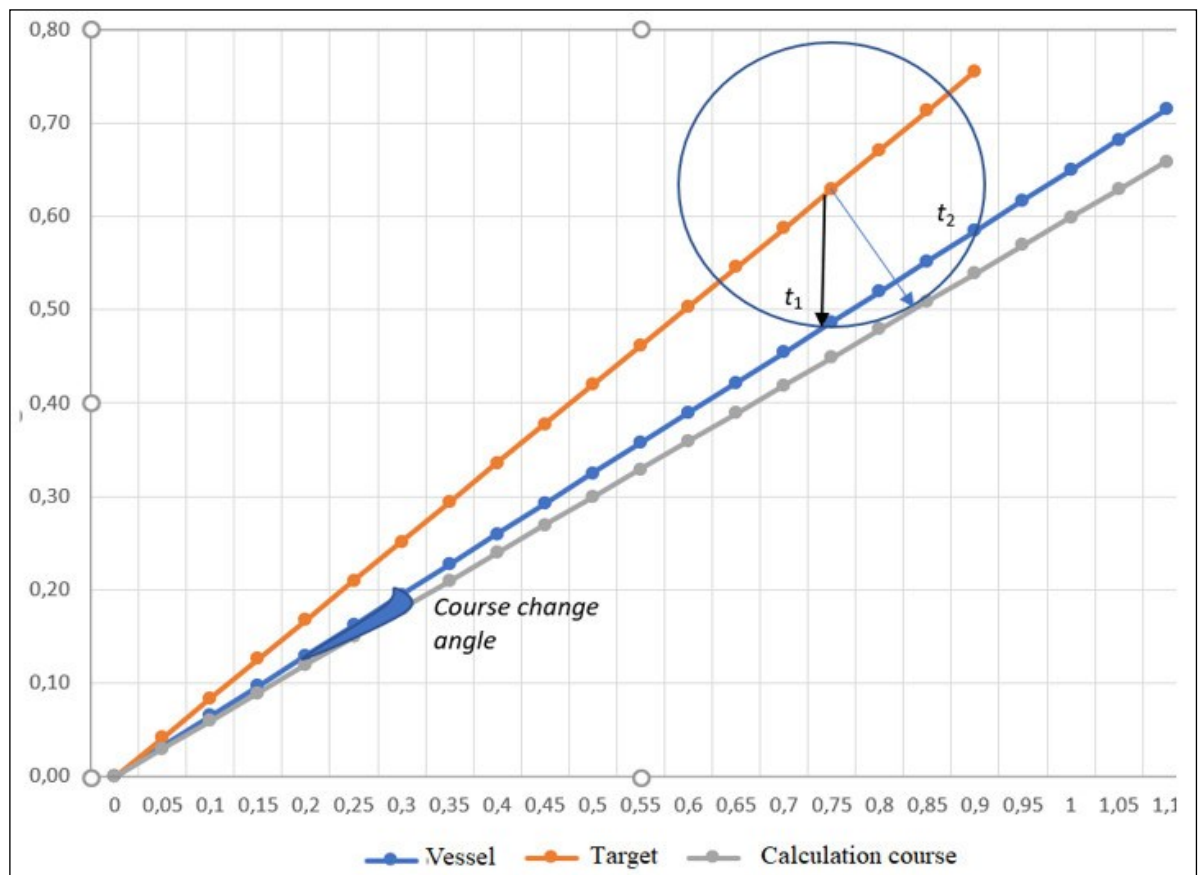


Рисунок 5.4 – Моделювання зміни курсу судна, що рухається (Варіант 2)

Для заданих даних маємо час перетину меж безпеки: $t_1 = 0,84$ год; $t_2 = 1,02$ год.
Початкові дані для $\rho < 1$ наведено в таблиці 5.5.

Таблиця 5.5 – Початкові дані для $\rho < 1$

Тип	Початкова відстань, милі	Швидкість, вузли	Час до зіткнення		Відстань до місця зіткнення, милі	Напрямок, °
			години	хвилини		
VESSEL	0	5	1,33	80,00	6,67	40,0
TARGET	20	10	1,33	80,00	13,33	35,0

Результати моделювання зміни курсу судна, що рухається, для $\rho < 1$ наведено на рисунку 5.5.

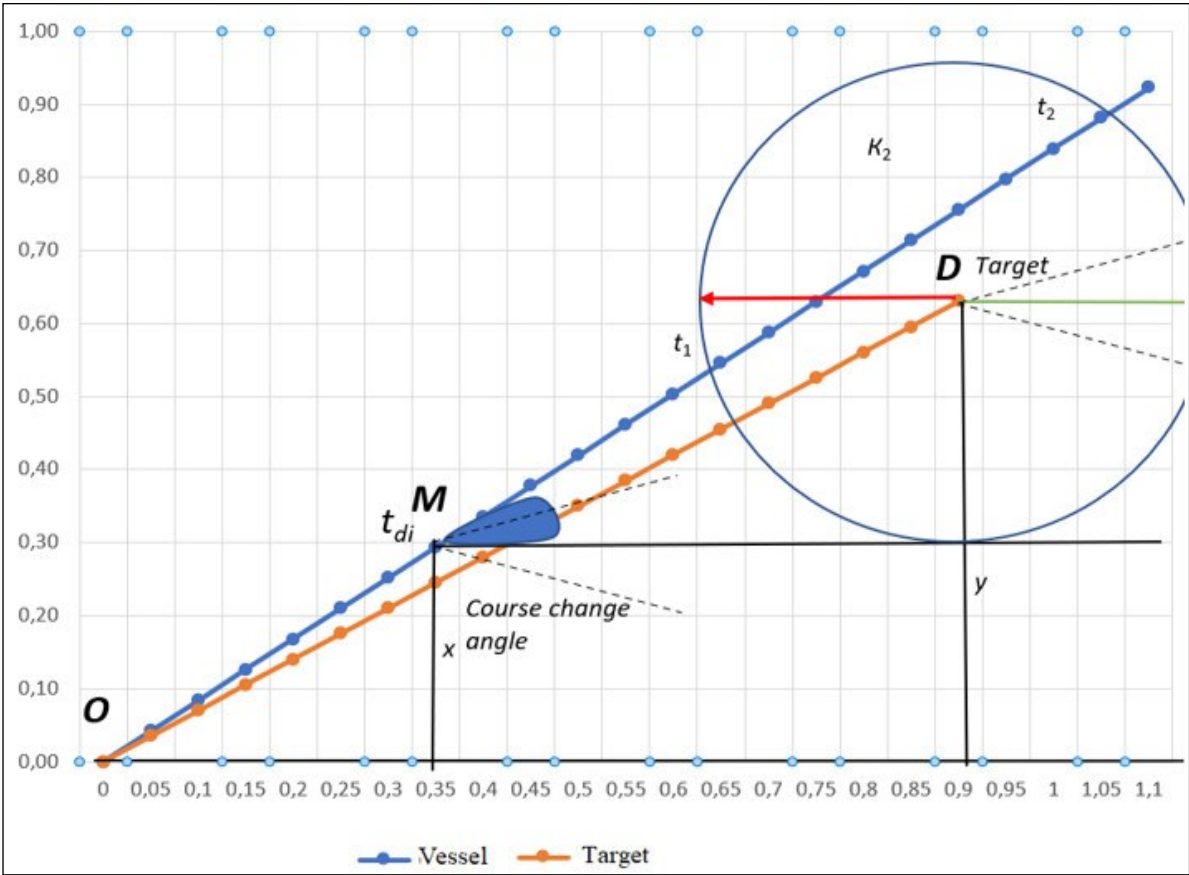


Рисунок 5.5 – Моделювання зміни курсу судна, що рухається ($\rho < 1$)

Припустимо, що новий курс судна K_{new} обчислюємо за умови, що цільовий курс $K_2=160^\circ$:

$$K_{\text{new}} = 180^\circ + K_2 \pm \arcsin \rho = \begin{cases} 10^\circ \\ 310^\circ \end{cases}$$

де: $\rho = V_1 / V_2$, та $V_2 > V_1$;

K_2 – цільовий курс.

Підставимо у формулу (5.4) і отримаємо час t_{di} до початку маневру розвороту:

$$t_{\text{di}} = \frac{(-1) \times 20 \times \sin(310^\circ - 35^\circ) - -13,33}{(-1) \times 5 \times \sin(40^\circ - 310^\circ)} = 1,32 \text{ год.}$$

При цьому зміна курсу є досить значною (на 90°), і виконати її можливо лише зі зменшенням швидкості судна. Однак це значення розраховане для крайнього зближення, що не є оптимальним, оскільки маневр на самому початку виявлення цілі є більш сприятливим – зі зміною курсу від 40° до 10° .

5.5 Висновки

Основними характеристиками небезпеки є відстань і/або час найкоротшого зближення.

У даному розділі магістерської роботи:

– Запропоновано використовувати максимальний час початку маневру розходження для забезпечення безпечної навігації судна.

– Запропоновано метод прогнозування цього часу з урахуванням співвідношення швидкостей судна, що рухається, та цілі.

– Наведено аналітичні вирази для реалізації запропонованого методу.

Запропонований метод надає оператору системи управління судновим рухом (VTMS) можливість своєчасно приймати рішення щодо запобігання зіткнень суден. Крім того, автоматизація VTM може значно сприяти розвитку майбутнього безпілотного судноплавства, забезпечуючи безпечну навігацію.

РОЗДІЛ 6

РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ СУДНА В РЕЙСІ

6.1. Загальна частина (рейсове завдання)

Розрахунок виконаний на підставі завдання і даних, отриманих у попередніх розділах цієї магістерської роботи, взятих із суднової документації при роботі на стажуванні, з довідкових матеріалів кафедри М і ЕМТ НУОМА, прейскурантів, тарифів тощо.

Вихідні дані рейсу «GAS MELODY» з порту Adaba в порт Aden зведені в таблицю 6.1.

Таблиця 6.1 – Початкові дані для розрахунку рейсу

№	Найменування показників	Умовні позначення	Одиниця вимірювання	Значення
1	2	3	4	5
1.	Дедвейт (тропічна вантажна марка)	Δ_w	т	24171,6
2.	Запаси на початок рейсу	$P_{зан}$	т	1649,1
3.	Константа	$const$	т	110,4
4.	Відстань між портами	S	милі	1266,63
5.	Кількість навантаженого вантажу: <i>ПРОПАН</i>	ΣQ	т	11035,7
6.	Фрахтова ставка за 1т вантажу	f	\$/т	25
7.	Норми навантаження вантажу	$M_{ван}$	т/год	21000
8.	Норми вивантаження вантажу	$M_{вив}$	т/год	11000
9.	Експлуатаційна швидкість	$V_{екс}$	екс. вузли	13,5
10.	Швидкість в каналах, вузостях	$V_{кан}$	кан. вузли	6,5

Продовження таблиці 6.1

1	2	3	4	5
11.	Добова витрата палива на ходу: важке / легке На стоянці: важке / легке	q_x^6 $q_{ст}^6$	т/добу т/добу	31,0+2,0 3,0+5,0
12.	Ціна 1 тони палива: важке легке	C_v C_l	\$/т \$/т	480 600
13.	Балансова вартість судна	$C_{бал}$	\$	3385800
14.	Річна норма амортизації	H_a	%	10
15.	Позаексплуатаційний час	$T_{зе}$	діб	15
16.	Чисельність екіпажу	$Ч_{ек}$	чол	16
17.	Час затримки в дорозі	$t_{зат}$	діб	0,1
18.	Додатковий час в портах стоянки	$t_{дод}$	год	-
19.	Заробітна платня	$R_{зн}$	\$/добу	2500
20.	Витрати на технічне постачання	$R_{т.пос}$	\$/добу	300
21.	Навігаційні витрати	$R_{нав}$	\$/добу	240
22.	Портові збори	$R_{порт}$	\$	18300
23.	Агентування суден	$R_{аг}$	\$/добу	280
24.	Витрати на страхування судна	$R_{стр}$	\$/добу	250
25.	Витрати на ремонт	$C_{рем}$	\$/мр.п.	600000
26.	Вартість одного доковання	$C_{док}$	\$	17000

6.2. Розрахунок кількісних експлуатаційно-економічних показників роботи судна в рейсі

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

1. Розраховуємо чисту вантажопідйомність судна:

$$\Delta_q = \Delta_w - P_{зан} - const. \quad (6.1)$$

$$\Delta_q = 23361,6 - 1649,1 - 110,4 = 22412,1 \text{ т.}$$

2. Розраховуємо експлуатаційний період роботи судна:

$$T_{екс} = T_k - T_{ве} = 350 \text{ діб.} \quad (6.2)$$

де T_k – календарний період, приймаємо 365 діб;

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

3. Розраховуємо час рейсу:

– ходовий час:

$$t_x = \frac{S}{V_{екс} \times 24} + t_{зад} = 4,13 \text{ доби} \quad (6.3)$$

– стоянковий час:

$$t_{см} = t_{см}^n + t_{см}^в = \left(\frac{Q_1}{M_{n1}} \right) + \left(\frac{Q_1}{M_{в1}} \right) + t_{дон} = 1,0 \text{ доба.} \quad (6.4)$$

– час рейсу складе:

$$t_p = t_x + t_{см} = 5,13 \text{ доби.} \quad (6.5)$$

4. Розрахуємо провізну спроможність судна:

– зроблено тонно-миль за рейс:

$$\Sigma Q S = 11035,7 \cdot 1266,63 = 13978149 \text{ тонно-миль/рейс.}$$

– зроблено тоннаже-миль за рейс:

$$\Delta_q S = 22412,1 \cdot 1266,63 = 28387838 \text{ тоннаже-миль/рейс.}$$

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

$$\Sigma F_{рейс} = \Sigma Q f = 11035,7 \cdot 25 = 275893 \text{ $/рейс.} \quad (6.6)$$

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

Постійні експлуатаційні витрати судна за добу розраховуємо за формулою:

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

– витрати на заробітну плату ($R_{зн}$) – 2500 \$/добу.

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

$$R_{хар} = Ч_{ек} \cdot n_{хар} = 240 \text{ $/добу.} \quad (6.8)$$

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

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

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

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

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

$$R_{рем} = ((1 \cdot 17000 + 600000) / 5) / 350 = 353 \text{ \$/добу.}$$

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

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

$$R_{ам} = (3385800 \cdot 0,1) / 350 = 967 \text{ \$/добу.}$$

– витрати на загально-суднове постачання ($R_{сн}$) розраховуємо за формулою:

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

$$R_{сн} = (3385800 \cdot 0,02) / 350 = 193 \text{ \$/добу.}$$

де $H_{сн}$ – норма постачання (2%).

– витрати на технічне постачання ($R_{т.нос}$) – 300 \\$/добу.

– навігаційні витрати, \\$/добу ($R_{нав}$) – 240 \\$/добу.

– портові збори ($R_{порт}$) – 18300 \\$/рейс.

– витрати з агентування ($R_{аг}$) – 280 \\$/добу.

– витрати на страхування ($R_{стп}$) – 250 \\$/добу.

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

$$R_{екс} = 8890 \text{ \$/ добу.}$$

7. Розраховуємо непрямі (адміністративно-управлінські) витрати:

$$R_{кос} = R_{екс} \cdot k_{ад} = 178 \text{ \$/добу.} \quad (6.12)$$

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

8. Знаходимо загальні постійні експлуатаційні витрати судна за добу:

$$R_{заг} = R_{екс} + R_{кос} = 9068 \text{ \$/добу.} \quad (6.13)$$

9. Знаходимо загальні постійні експлуатаційні витрати судна за рейс:

$$\Sigma R_{заг.екс} = R_{заг} \cdot t_p = 46519 \text{ \$/рейс.} \quad (6.14)$$

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

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

$$R^e_x = k_{см} \cdot q_x \cdot Ц_e. \quad (6.15)$$

$$R^л_x = k_{см} \cdot q_{ст} \cdot Ц_л. \quad (6.16)$$

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

$$R_x^e = 1,1 \cdot 31 \cdot 480 = 16368 \text{ \$/ добу.}$$

$$R_x^n = 1,1 \cdot 2 \cdot 600 = 1320 \text{ \$/ добу.}$$

$$R_x^n = R_x^e + R_x^n = 17688 \text{ \$/ добу.}$$

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

$$R_{cm}^e = k_{cm} \cdot q_{cm} \cdot C_{л.} \quad (6.17)$$

$$R_{cm}^n = k_{cm} \cdot q_{cm} \cdot C_{л.} \quad (6.17)$$

$$R_{cm}^e = 1,1 \cdot 3 \cdot 480 = 1584 \text{ \$/ добу}$$

$$R_{cm}^n = 1,1 \cdot 5 \cdot 600 = 3300 \text{ \$/ добу}$$

$$R_{cm}^n = R_{cm}^e + R_{cm}^n = 4884 \text{ \$/ добу.}$$

– витрати на паливо і мастильні матеріали витрати за рейс:

$$\Sigma R_{пер} = (R_x^n \cdot t_x) + (R_{cm}^n \cdot t_{cm}) = 77935 \text{ \$/рейс.} \quad (6.18)$$

11. Знаходимо загальні витрати судна за рейс:

$$\Sigma R_{рейс} = \Sigma R_{заг.екс} + \Sigma R_{пер} \quad (6.19)$$

$$\Sigma R_{рейс} = 46519 + 77935 = 124454 \text{ \$/рейс.}$$

12. Знаходимо прибуток судна за рейс:

$$\Sigma \Pi_{рейс} = \Sigma F_{рейс} - \Sigma R_{рейс.} \quad (6.20)$$

$$\Sigma \Pi_{рейс} = 275893 - 124454 = 151439 \text{ \$/рейс.}$$

Прибуток судна «GAS MELODY» з порту Aqaba в порт Aden з вантажем пропан за рейс склав 87140 \\$/рейс.

6.3. Розрахунок якісних експлуатаційно-економічних показників роботи судна в рейсі

Якісні показники роботи судна в рейсі розраховуємо за методикою:

1. Коефіцієнт використання календарного періоду:

$$K_e = \frac{T_{екс}}{T_k} \quad (6.21)$$

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

2. Коефіцієнт завантаження судна:

$$\alpha_3 = \frac{\Sigma Q}{\Delta_u}. \quad (6.22)$$

$$\alpha_3 = 11035,7 / 22412,1 = 0,492.$$

3. Середньодобова експлуатаційна швидкість:

$$V_{cp} = \frac{S}{t_x}. \quad (6.23)$$

$$V_{cp} = 1266,63 / 4,13 = 307.$$

4. Коефіцієнт ходового часу:

$$\varepsilon_x = \frac{t_x}{t_p}. \quad (6.24)$$

$$\varepsilon_x = 4,13 / 5,13 = 0,805.$$

5. Продуктивність однієї тони вантажопідйомності судна в добу експлуатації:

$$\mu_8 = \alpha_3 \cdot V_{cp} \cdot \varepsilon_x. \quad (6.25)$$

$$\mu_8 = 0,492 \cdot 307 \cdot 0,805 = 121,59.$$

6. Валова прибутковість одних судно-днів:

$$\mu = \Sigma F_{рейс} / t_p. \quad (6.26)$$

$$\mu = 275893 / 5,13 = 53780 \text{ \$/добу}.$$

7. Собівартість перевезення однієї тони вантажу в рейсі:

$$S_m = \Sigma R_{рейс} / \Sigma Q. \quad (6.27)$$

$$S_m = 124454 / 11035,7 = 11,3 \text{ \$/т}.$$

8. Собівартість 1 тонно-милі в рейсі:

$$S_{m-м} = \Sigma R_{рейс} / \Sigma QS \quad (6.28)$$

$$S_{m-м} = 124454 / 13978149 = 0,0089 \text{ \$/т-м}.$$

9. Собівартість утримання судна в добу експлуатації:

$$S_{с-с} = \Sigma R_{рейс} / t_p. \quad (6.29)$$

$$S_{с-с} = 124454 / 5,13 = 24260 \text{ \$/ доб.екс}.$$

10. Рівень дохідності являє відношення доходів до витрат:

$$PF = \Sigma F_{рейс} / \Sigma R_{рейс}. \quad (6.30)$$

$$PF = 275893 / 124454 = 2,22.$$

При $PF > 1$ – рейс прибутковий.

6.4. Прогнозування роботи судна за експлуатаційний період

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

1. Число рейсів за експлуатаційний період:

$$Ч_p = T_{екс} / t_p. \quad (6.31)$$

$$Ч_p = 350 / 5,13 = 68,23.$$

2. Обсяг перевезеного вантажу за експлуатаційний період:

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

$$\Sigma Q_{екс} = 11035,7 \cdot 68,23 = 752965 \text{ т / рік.}$$

3. Обсяг транспортної роботи за експлуатаційний період:

$$\Sigma Q S_{екс} = \Sigma Q S Ч_p. \quad (6.33)$$

$$\Sigma Q S_{екс} = 11035,7 \cdot 1266,63 \cdot 68,23 = 953729085 \text{ т-миль / рік.}$$

4. Дохід за експлуатаційний період:

$$\Sigma F_{екс} = \Sigma F_{рейс} Ч_p. \quad (6.34)$$

$$\Sigma F_{екс} = 275893 \cdot 68,23 = 18824179 \$ / рік$$

5. Загальні витрати судна за експлуатаційний період:

$$\Sigma R_{екс} = \Sigma R_{рейс} Ч_p. \quad (6.35)$$

$$\Sigma R_{екс} = 124454 \cdot 68,23 = 8491496 \$ / рік.$$

6. Прибуток судна за експлуатаційний період:

$$\Sigma П = \Sigma П_{рейс} Ч_p. \quad (6.36)$$

$$\Sigma П = 151439 \cdot 68,23 = 10332683 \$ / рік.$$

7. Рівень дохідності роботи судна за експлуатаційний період:

$$PF = \Sigma F_{екс} / \Sigma R_{екс} \quad (6.37)$$

$$PF = 18824179 / 8491496 = 2,22.$$

Рівень дохідності (*Target Yield*) – показник розрахунку ефективності виконаного рейсу заснований на аналізі кількісних та якісних показників роботи судна в рейсі.

6.5. Оцінка ефективності виконаного рейсу і роботи судна за експлуатаційний період

Таблиця 6.2 – Кількісні і якісні показники виконаного рейсу

№	Найменування показників	Умовні позначення	Одиниця вимірювання	Значення
1.	Експлуатаційний період	$T_{екс}$	діб	350
2.	Відстань	S	милі	1266,63
3.	Перевезено вантажу: <i>ПРОПАН</i>	ΣQ	т	11035,7
4.	Судно-діб в рейсі	t_p	діб	5,13
5.	Ходовий час	t_x	діб	4,13
6.	Стоянковий час	t_{cm}	діб	1,0
7.	Валовий дохід	$\Sigma F_{рейс}$	\$	275893
8.	Затрати загальні	$\Sigma R_{рейс}$	\$	124454
9.	Прибуток	$\Sigma П_{рейс}$	\$	151439
10.	Коефіцієнт ходового часу	ε_x	—	0,805
11.	Середньодобова експлуатаційна швидкість	V_{cp}	милі/добу	307
12.	Дохідність судна	μ	\$/добу	53780
13.	Рівень дохідності	PF	—	2,22
14.	Собівартість перевезення 1 т вантажу	S_m	\$/т	11,3
15.	Собівартість 1 т-милі	S_{m-m}	\$/т-м	0,0089
16.	Собівартість утримання судна за добу експлуатації	S_{c-c}	\$/добу	24260

В результаті проведених розрахунків слід зазначити, що виконаний рейс є прибутковим. Рівень дохідності 2,22, прибуток 151439\$ за рейс, а за експлуатаційний період прибуток складе 10332683 \$.

Судно «GAS MELODY» 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)

Танкер «EMERALD STAR» стоїть під розвантаженням в порту Південний (Україна) біля причалу № 9 перевантажувального комплексу аміаку. Отримано повідомлення надзвичайної ситуації терористичного характеру на території берегового сховища: внаслідок вибуху зруйновано необвалована ємність зі зрідженим газом. В результаті інциденту стався розлив аміаку, що є сильнотоксичною отруйною речовиною (СДОР). Кількість разливу СДОР – 330 т, характер разливу – «вільно». Метеорологічні умови на момент аварії: час доби – день, 11:00, температура повітря 20°, швидкість вітру 0,5 м/с, вітер – зустрічний, суцільна хмарність. Відстань від судна до місця аварії – 2 км. Характер місцевості – промислова забудова і територія порту. На території порту об'явлена терористична загроза.

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

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

7.1.2. Оцінка масштабів хімічного зараження території

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

1. Визначення ступеня вертикальної стійкості повітря.

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

Таблиця 7.1 – Визначення ступеня вертикальної стійкості повітря за прогнозом погоди

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

2. Розрахунок еквівалентної кількості СДОР у первинній хмарі.

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

При розливі токсичних рідин первинна хмара не утворюється, тому еквівалентна кількість Q_{e1} (т) речовини у первинній хмарі:

$$Q_{e1} = K_1 \cdot K_3 \cdot K_5 \cdot K_7^1 \cdot Q_o = 0,18 \cdot 0,04 \cdot 0,23 \cdot 1 \cdot 330 = 0,55 \text{ т.} \quad (7.1)$$

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

$K_3 = 0,04$ коефіцієнт, рівний відношенню порогової токсодози аміаку (табл. 7.2);

K_5 – коефіцієнт, що враховує ступінь вертикальної стійкості повітря (для інверсії приймається рівним 1, для ізотермії – 0,23, для конвекції – 0,08;

$K_7^1=1$ коефіцієнт, що враховує вплив температури повітря на швидкість утворення первинного хмари (табл. 7.2; для стиснених газів $K_7 = 1$);

$Q_o = 330$ т – кількість викинутого СДОР, т.

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

Площа розливу S_p (м²) аміаку дорівнює:

$$S_p = V_p / h = Q_o / \rho / h = 4495 \text{ м}^2,$$

де V_p – об'єм аміаку, що розлився, м³;

$Q_o = 330$ т – кількість аміаку, що розлився при аварії;

$\rho = 0,681$ т/м³ – щільність аміаку (табл. 7.2);

$h = 0,05$ м – товщина шару сірковуглецю (характер розливу – «вільно»).

Таблиця 7.2 – Характеристики СДОР і значення допоміжних коефіцієнтів

Найменування СДОР	Щільність СДОР, т/ м³		Температура кипіння, °С	Порогова токсодоза, мг·хв/л	Значення допоміжних коефіцієнтів							
	Газ	Рідина			K ₁	K ₂	K ₃	K ₇ для температури повітря (°С)				
								-40	-20	0	20	40
Аміак	0,0008	0,681	−33,4	15	0,18	0,025	0,04	00,9	0,31	0,61	1	1,41

Примітка. У таблиці наведені значення K_7 для вторинної хмари, тобто $K_7=K_7^{\text{II}}$.

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) аміаку:

$$T = h \cdot \rho / (K_2 \cdot K_4 \cdot K_7^{\text{II}}) + 1 / (K_m \cdot v_{\text{п}}) = 2,19^{\text{год}} \approx 2^{\text{год}} 12^{\text{хв}},$$

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

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

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

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

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

Таблиця 7.3 – Значення коефіцієнту K_4 залежно від швидкості вітру

Швидкість вітру(u), м/с	≤ 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
K_4	1	1,33	1,67	2,0	2,34	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	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Інверсія	5	10	16	21	—	—	—	—	—	—
Ізотермія	6	12	18	24	29	35	41	47	53	59
Конвекція	7	14	21	28	—	—	—	—	—	—

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

$$Q_{e2} = (1 - K_1) \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot K_7^{\text{II}} \cdot Q_0 / (h \cdot \rho) = 1,83 \text{ т},$$

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

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

$K_5 = 0,23$ – коефіцієнт, який враховує ступень вертикальної стійкості повітря для ізотермії (для інверсії приймається рівним 1, для ізотермії – 0,23, для конвекції – 0,08);

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

4. Визначення глибини і площі зони зараження.

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

Таблиця 7.6 – Глибина (км) зони зараження

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

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

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

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

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

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

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

$$\Gamma_{\Pi} = N \cdot v_{\Pi} = 1 \cdot 6 = 6,0 \text{ км.}$$

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

$$\Gamma = 6,0 \text{ км.}$$

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

$$S_B = \pi \cdot \Gamma^2 \cdot \varphi / 360^\circ = 3,14 \cdot 6^2 \cdot 360^\circ / 360^\circ = 113 \text{ км}^2,$$

де $\Gamma = 6,0$ км – розрахункова глибина зони зараження;

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

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

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

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

$$S_{\Phi} = K_8 \cdot \Gamma^2 \cdot N^{0,2} = 0,133 \cdot 6^2 \cdot 1^{0,2} = 4,79 \text{ км}^2,$$

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 та легкому ураженні.

Територія можливого хімічного зараження представляє собою сектор, що має кутовий розмір $\varphi = 360^\circ$ (табл. 7.7) та радіус, який дорівнює значенню розрахунковій глибині зони зараження $\Gamma = 6,0$ км. Центр сектора співпадає з джерелом зараження – місцем розливу аміаку. 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_l (км):

$$\Gamma_l = \lambda \cdot K_m \cdot (Q_e / D_l)^\Psi = 3,73 \cdot 0,2 \cdot (2,38 / 15)^{0,606} = 0,24 \text{ км},$$

де $\lambda = 3,73$;

$\Psi = 0,606$ – коефіцієнт, що залежать від швидкості вітру (табл. 7.8);

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

$D_l = 15$ мг.хв/л – летальна токсодоза для аміаку.

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

Коефіцієнти	Швидкість вітру (u), м/с							
	≤ 1	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 $\Gamma_{0,4l}$ (км):

$$\Gamma_{0,4l} = \lambda \cdot K_m \cdot (Q_e / D_{0,4l})^\Psi = 3,73 \cdot 0,2 \cdot (2,38 / 6)^{0,606} = 0,42 \text{ км},$$

де $D_{0,4l} = 0,4 \cdot D_l = 0,4 \cdot 15 = 6$ мг.хв/л – значення токсодози, що відповідає 40% летальної токсодози для аміаку.

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

$$\Gamma_{0,2l} = \lambda \cdot K_m \cdot (Q_e / D_{0,2l})^\Psi = 3,73 \cdot 0,2 \cdot (2,38 / 3)^{0,606} = 0,65 \text{ км},$$

де $D_{0,2l} = 0,2 \cdot D_l = 0,2 \cdot 15 = 3$ мг.хв/л – значення токсодози, що відповідає 20% летальної токсодози для аміаку.

Глибина зони легких уражень відповідає значенню розрахунковій глибині зони зараження $\Gamma = 6,0$ км.

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

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

$$t = x / (K_m \cdot v_{\text{п}}) = 1,66^{\text{год}} \approx 1^{\text{год}} 40^{\text{хв}},$$

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

7.1.3. Висновки та рекомендовані заходи для мінімізації людських втрат

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

При досить швидкому підході зараженого повітря до житлової надбудови дія вражаючих концентрацій хмари може тривати майже 2 години. Слабка сила вітру (0,5 м/с) забезпечує збереження вражаючих концентрацій на глибині до 7 км.

Для зменшення людських втрат пропонується виконати наступні заходи:

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

7.2. Розподіл обов'язків та відповідальності щодо забезпечення охорони судна

Розподіл обов'язків та відповідальності членів екіпажу, залучених до охорони судна, визначається наказом капітана. Перш за все, це відноситься до вахтового помічника капітана та персоналу палубної вахти, до вахтового механіка та персоналу машинної вахти, який відповідає за своїм завідуванням.

Основним видом виконання судновим екіпажем службових обов'язків по забезпеченню охорони судна є суднова вахтова служба. Вахтовий помічник капітана є головним судновим вахтовим начальником, який очолює суднову вахтову службу. Він підкоряється тільки капітану і несе відповідальність за безпечну експлуатацію судна. З питань охорони судна вахтовий помічник капітана також підпорядковується особі командного складу, відповідальній за охорону судна, і виконує покладені на вахтового помічника обов'язки з охорони.

Зобов'язання та відповідальність вахтового помічника капітана:

- забезпечує постійне несення радіовахти, проводить регулярні перевірки зв'язку;
- при отриманні вказівки «Адміністрації» про зміну рівня охорони доповідає про це капітану та особі командного складу, відповідальній за охорону судна;
- спільно з особою командного складу, що відповідальна за охорону судна, організовує виконання вахтовим персоналом заходів з охорони для відповідного рівня охорони; при необхідності виділяє і залучає додатковий персонал;
- здійснює контроль ефективного виконання заходів з охорони, передбачених планом охорони судна; при наявності невідповідностей та недоліків вживає заходи щодо їх усунення, доповідає капітану та особі командного складу, відповідальній за охорону;
- організовує дії, спрямовані на підготовку судна до швидкого реагування на зміну рівня охорони (при встановленні рівня 2 або 3);
- проводить інструктаж вахтового персоналу з питань охорони і керує його діями.

Вахтовий механік очолює машинну вахтову службу. Він підпорядковується вахтовому помічникові капітана і несе відповідальність за контроль та управління судновою енергетичною установкою і технічними засобами. З питань охорони судна вахтовий механік підпорядковується також особі командного складу, відповідальній за охорону судна, і виконує покладені на вахтового механіка обов'язки з охорони.

Зобов'язання і відповідальність вахтового механіка:

- виконує вказівки вахтового помічника капітана та особи командного складу, відповідальній за охорону судна, які стосуються підтримки відповідного рівня охорони або переходу на новий рівень охорони;

- організовує та забезпечує виконання заходів з охорони, передбачених планом охорони судна, із залученням персоналу машинної вахти.

- доповідає вахтовому помічнику та особі командного складу, відповідальній за охорону судна, про всі недоліки або невідповідності та вживає заходів щодо їх усунення;

- проводить інструктаж персоналу машинної вахти з питань охорони і керує його діями.

Загальне керівництво з вирішення всіх питань, пов'язаних із забезпеченням охорони, здійснює особа командного складу, відповідальна за охорону судна (офіцер з охорони судна). Особа командного складу, відповідальне за охорону судна, підзвітна капітану.

Обов'язки з охорони судна додатково включені в коло вже існуючих прямих обов'язків суднового екіпажу.

ВИСНОВКИ

В магістерській роботі було опрацьовано та досліджено етапи переходу судна. В даному переході ми виконали перехід з порту Aqaba (Jordan) в порт Aden (Yemen).

Приведено достатня кількість навігаційної інформації для безпечного виконання даного переходу. В роботі підраховано посадку судна, остійність та повздовжню міцність корпусу судна.

Після підрахунків остійності судна на відхід та прихід визначили, що вона задовольняє усім вимогам ІМО на всьому переході. Метацентрична висота на відхід та прихід складатиме 1,29 м. та 1,30 м. відповідно, а критерій погоди буде більше одиниці на всьому переході.

Відповідно до розрахунків загальної поздовжньої міцності визначили, що забезпечена повна безпека судна на переході. Дивлячись на ці данні, можна зробити висновки, що судно на переході з даним вантажним планом та спланованими запасами відповідає всім вимогам та може безпечно виконати такий рейс.

Проведено розрахунок фінансових показників рейсу та аналіз економічної ефективності рейсу, опрацьовані та проаналізовані питання з цивільної оборони та охоронні засоби на борту судна.

Досліджено – визначення максимального часу початку маневру розходження морських суден, запропоновано використовувати максимальний час початку маневру розходження для забезпечення безпечної навігації судна, запропоновано метод прогнозування часу з урахуванням співвідношення швидкостей судна, що рухається, та цілі, наведено аналітичні вирази для реалізації запропонованого методу.

Підводячи підсумок, можна сказати, що даний перехід був ретельно опрацьовано, є безпечним і економічно вигідним.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ворохобін І.І. та ін. Методичні вказівки для виконання магістерської роботи. – Одеса: НУОМА, 2023 – 96 с
2. m/v "GAS MELODY": Loading Manual, Booklet for Damage control, Damage control Plan, Ship's Particulars.
3. Міжнародна Конвенція з охорони людського життя на морі. (SOLAS-74), 2014.
4. Міжнародна Конвенція та Кодекс з підготовки і дипломування моряків та несення вахти. (STCW-78 з Манільськими поправками), 2012.
5. Резолюція ІМО А.893 (21) – "Керівництво по плануванню рейсу", 1999.
6. Рекомендації по організації штурманської служби на морських судах України (РІШСУ-98), 1998.
7. Bridge Team Management. – UKHO: 2nd Edition, 2004.
8. Bridge Procedures Guide. – UKHO: 5th Edition, 2016.
9. NP 136. Admiralty Ocean Passages for the World. – UKHO: 6th Edition, 2014.
10. N. Bowditch. American Practical Navigator, 2002 – 877 P.
11. NP 131. Catalogue of Admiralty Charts and Publication. – UKHO, 2025.
12. Admiralty Digital List of Lights. – UKHO, 2024.
13. Admiralty Digital Publication Radio Signals №1. – UKHO, 2025.
14. Admiralty Digital Publication Radio Signals №2. – UKHO, 2025.
15. Admiralty Digital Publication Radio Signals №3. – UKHO, 20205
16. Admiralty Digital Publication Radio Signals №4. – UKHO, 2024.
17. Admiralty Digital Publication Radio Signals №5. – UKHO, 2024.
18. Admiralty Digital Publication Radio Signals №6. – UKHO, 2025.
19. eNP 64. Red Sea and Gulf of Aden Pilot. – UKHO, 2024.
20. Ports and Terminal Guide – Version 3.2, 2025.
21. NP 314. The Nautical Almanac. – UKHO, 2025.
22. Сіняев В.А. Математична статистика та теоретичні основи судноводіння. Навчальний посібник – Одеса: "Діол-Принт", 2005.

23. Дмитрієв В.И., Григорян В.Л., Катенін В.А. Навігація і лоція. – Академ-книга, 2004.
24. . Красавцев Б.И. Морехідна астрономія, 3є вид. – Транспорт, 1986.
- 25 Ніколаєва Л.Л. Комерційна експлуатація судна. – Одеса: Фенікс, 2006.
26. Савчук В.Д. Технологія перевезення вантажів. – Одеса: Видав Інформ, 2008.
27. International Convention for the Prevention of Pollution from Ships (MARPOL-73/78).
28. International Maritime Dangerous Goods Code (IMDG Code).
29. International Code for the Construction and Equipment of Ships Carrying Dangerous Chemicals in Bulk (IBC Code).
30. Code of Safe Practice for Ships Carrying Timber Deck Cargoes (TDC Code).
31. Code of Federal Regulations, Title 46, Part 150 (CFR 46, 150).
32. International Code for the Construction and Equipment of Ships Carrying Liquefied Gases in Bulk (IGC Code).
33. International Safety Guide for Oil Tankers and Terminals (ISGOTT).
34. Adoption of the International Code on Intact Stability (IS Code).
35. Сізов В.Г. Теорія корабля, 4є вид. – Одеса: Фенікс, 2008.
36. Максимаджи А.И. Капітану про міцність судна. – Суднобудування, 1988.
37. Brcko, T. & Luin, B. (2023). A decision support system using fuzzy logic for collision avoidance in multi-vessel situations at sea. *Journal of Marine Science and Engineering*, 11(1819). <https://doi.org/10.3390/jmse11091819>.
38. Xie, W., Gang, L., Zhang M., Liu T. & Lan Z. (2024). Optimizing multi-vessel collision avoidance decision making for autonomous surface vessels: A COLREGs – compliant deep reinforcement learning approach. *Journal of Marine Science and Engineering*, 12, 372. <https://doi.org/10.3390/jmse12030372>.
39. You, J., Jia, Z., Dong, C., He, L., Cao, Yi., & Wu, Q. (2023). Computation offloading for uncertain marine tasks by cooperation of UAVs and vessels. Preprint, arXiv.2302-.06055v1. 6 p.
40. Sun, T., Liu, C., Xu, S., Hu, Q. & Li, C. C (2024). COLREGS –complied automatic collision avoidance for the encounter situations of multiple vessels. *Journal of Marine Science and Engineering*, 10, 1688, 1-22. <https://doi.org/10.3390/jmse10111688>.

41. Pipchenko, O., Konon, N.&Bogachenko, Y. (2023). Mathematical modelling of "Asd Tug – Marine Vessel" interaction considering tug's maneuverability and stability limitations. *Journal of Maritime Research*, 20 (2), 117-124. Available from: <https://www.jmr.unican.es/index.php/jmr/article/view/722> [Accessed 9 September 2024].
42. Imazu, H. (2017). Evaluation method of collision risk by using true motion. *TransNav. International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation*, 11, 1, 65-70. [https://doi.org/ 10.12716/1001.11.01.06](https://doi.org/10.12716/1001.11.01.06).
43. Burmaka, I., Vorokhobin, I., Vorokhobin, M.&Zhuravska, I. (2022). Forming the area of unacceptable values of the parameters of vessels' movement for the vessels' divergence at remote control process. *Acta Innovations*, 44, 5-17. <https://doi.org/10.32933/ActaInnovations.44.1>.
44. Mallampalli1, P., Janardhanan, S.&Kesavadev.V. K. (2023). Numerical study on the maneuvering of a container ship in shallow water waves. *Journal of Maritime Research*, 20 (2), 125-134. Available from: <https://www.jmr.unican-.es/index.php/jmr/article/view/744/746> [Accessed 9 September 2024].
45. Uchacz, W. & Pietrzykowski, Z. (2003). Vessel traffic optimization using a linear model with fuzzy coefficients. In: Soldek, J., Drobiazgiewicz, L. (eds) *Artificial Intelligence and Security in Computing Systems. The Springer International Series in Engineering and Computer Science*, 752, 23-32. Springer, Boston, MA. [https://doi.org/-10.1007/978-1-4419-9226-0_3](https://doi.org/10.1007/978-1-4419-9226-0_3).
46. Lisowski, J. (2014). Game strategies of ship in the collision situations. *TransNav the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation*, 8 (1), 69-77. [https://doi.org/ 10.12716/1001.08.01.08](https://doi.org/10.12716/1001.08.01.08).
47. Vorokhobin, I., Zhuravska, I., Burmaka, I.&Kulakovska, I. (2021). Analysis of the error distribution density convergence with its orthogonal decomposition in navigation measurements. *Journal of Physics: Conference Series*, 2090 (1), 012126. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/20-90/1/012126>.
48. Vorokhobin, I., Haichenia, O., Sikirin, V. & Severin, V. (2020). Determination of the law of probability distribution of navigation measurements. *Proc. of the 24th Internat. Sc. Conf. on Transport Means* [online], Kaunas, Lithuania, Sept. 30 – Oct.

- 02, 2020, 707-710. Available from: <https://transportmeans.ktu.edu/wp-content/uploads/sites/307/2018/02/Transport-means-A4-II-dalis.pdf> [Accessed 8 September 2024].
49. Statheros, T., Howells, G.&McDonald-Maier, K. (2007). Autonomous ship collision avoidance navigation concepts, technologies and techniques. *Journal of Navigation*, 61 (01), 129–142. <https://doi.org/10.1017/S037346330700-447X>.
50. Вінников В.В. Економіка підприємства морського транспорту – Одеса: Фенікс, 2011.
51. Дем'янченко А.Г., Сотниченко Л.Л. Вдосконалення організаційно-економічного механізму управління розвитком підприємств морської галузі/монографія за ред. А.Г. Дем'янченко – Одеса: НУОМА, 2017–325 С.
52. Сотниченко Л.Л., Бабаченко М.В. Економіка водного транспорту: методичні вказівки розрахункової роботи – Одеса: НУОМА, 2017 – 20 С.
53. Колєгаєв М.О., Іванов Н.Г., Басанець Н.Г. Безпека життєдіяльності та виживання на морі – Одеса: ОНМА, 2008.
54. Єфремова О.С. Охорона праці в організації в схемах і таблицях. – М.:Альфа-прес, 2012 – 108 С.
55. Москальова В.М. та інші. Охорона праці (питання та відповіді): Довідник. – Львів: «Магнолія 2006», 2011 – 438 С.
56. Терновський В.Б. Методичні вказівки по виконанню розділу дипломної роботи «Охоронні заходи і цивільна оборона на судні» – Одеса: ОНМА, 2015.
57. Кодекс цивільного захисту України: чинне законодавство із змінами та доповненнями. – К.:Алерта, 2015 – 102 С.
58. Крушельницька О.В. Методологія та організація наукових досліджень. – К.: Кондор, 2003 – 192 С.
59. Торський В.Г., Топалов В.П. Конвенція СОЛАС-74. Короткий огляд – Одеса: ОНМА, 2009.
60. <https://imo.org> – офіційний сайт ІМО.
61. <https://www.admiralty.co.uk/ukho> – офіційний сайт УКНО.
62. <https://unctad.org/en/pages/> – огляд морського транспорту.