

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

Кафедра _____ **УПРАВЛІННЯ СУДНОМ** _____

ДИПЛОМНА РОБОТА МАГІСТРАНТА

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

ГОПІЧ ВЛАДИСЛАВ ДМИТРОВИЧ

(прізвище, ім'я по-батькові)

Тема роботи: _____ **Комплексне опрацювання та дослідження етапів** _____
_____ **переходу судна «Crowned Eagle» за маршрутом** _____
_____ **Balikpapan (Indonesia) – Chittagong (Bangladesh)** _____

Підпис магістранта _____ **/Гопіч В.Д./**

Завідуючий кафедрою _____ **/Петриченко О.О./**

Керівник _____ **/Ворохобін І.І./**

Рецензент _____ **/** _____ **/**

Нормоконтроль _____ **/Петриченко О.О./**

м. Одеса
2025 рік

"ЗАТВЕРДЖУЮ"

Завідувач кафедри

"__" ____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ

по дипломній роботі магістранта

ГОПІЧ ВЛАДИСЛАВ ДМИТРОВИЧ

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Комплексне опрацювання та дослідження етапів переходу судна «Crowned Eagle» за маршрутом Balikpapan (Indonesia) – Chittagong (Bangladesh)

затверджена наказом по НУОМА від "____" ____ 2025 р. № ____

2. Строк здачі курсантом закінченої роботи "____" ____ 2025 року

3. Вхідні дані до роботи:

1. Ворохобін І.І. та інші. Методичні вказівки для виконання магістерської роботи.
2. Trim & Stability Booklet – Bulk Carrier «Crowned Eagle».
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. Новий підхід до визначення місця судна астрономічними способами.

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	Ворохобін І.І.	
2. Аналіз, оцінка та планування навігаційного переходу	Ворохобін І.І.	
3. Обробка та розміщення вантажу	Ворохобін І.І.	
4. Оцінка морехідних якостей судна	Ворохобін І.І.	
5. Новий підхід до визначення місця судна астрономічними способами	Ворохобін І.І.	
6. Розрахунок економічних показників роботи судна в рейсі	Ворохобін І.І.	
7. Охоронні заходи та цивільна оборона на судні	Ворохобін І.І.	

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>Новий підхід до визначення місця судна астрономічними способами</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 «Crowned Eagle» за маршрутом Balikpapan – Chittagong.

Магістерська робота присвячена опрацюванню та дослідженню етапів переходу, теоретичним аспектам проблеми, що розглядається в дослідницькому розділі – Новий підхід до визначення місця судна астрономічними способами, розрахунку економічних показників роботи судна в рейсі, розгляду теоретичних питань охоронних заходів та цивільної оборони на судні (прогнозування наслідків надзвичайної ситуації на об'єкті морського транспорту).

В роботі наведені основні характеристики Bulk Carrier «Crowned Eagle», виконано аналіз, оцінку та планування навігаційного переходу, детально вивченні транспортні характеристики вантажу, складено оптимальний вантажний план, проведена оцінка морехідних якостей судна, побудовані діаграми остійності на відхід та прихід, епюра сил, що перерізають та згинальних моментів, проведено розрахунок кількісних та якісних економічних показників роботи судна в рейсі.

Виконано огляд теоретичних аспектів проблеми, що досліджується.

Мета – розглянути новий підхід, який використовує азимут небесного тіла для отримання рівняння великого кола, що зв'язує спостережуване тіло з положенням судна.

З належною увагою було розглянуто питання охоронних заходів та цивільної оборони на судні.

Ключові слова: навігаційна безпека судноплавства, навігація, вантажний план, остійність, Конвенція, азимутальний метод, велике коло, нелінійні системи, рівень дохідності, стандартні процедури.

ANNOTATION

Master's thesis topic – Complex study and research stages of voyage of the ship «Crowned Eagle» on the route Balikpapan – Chittagong.

The master's work is devoted to study and research of stages of voyage, consideration of theoretical aspects of a problem which is investigated – A new approach to determining a vessel's position by astronomical methods, calculation of economic indicators of work of a vessel in a voyage, consideration of theoretical questions on security actions and a civil defense on a vessel (Forecasting of consequences of an emergency situation on object of sea transport).

The main characteristics of the Bulk Carrier «Crowned Eagle» are given in the work, analysis, assessment and planning of navigation passage are made, transport's characteristics are studied in details, optimal stowage plan is made, seagoing conditions of the vessel are maiden and checked, diagrams of stability on a departure and arrival, general hull strength is done and checked.

The problem of «A new approach to determining a vessel's position by astronomical methods» is reviewed.

The goal is to consider a new approach that uses the azimuth of a celestial body to derive a great circle equation that relates the observed body to the position of the vessel.

Carried out calculation of economical aspect's quality and expediency of ship's voyage.

Chapters regarding security measures and civil defense on the vessel was considered.

Key words: Safety of navigation, navigation, Cargo Plan, Stability, Convention, Azimuth method, Great circle, Nonlinear systems, Level of Profitability, Standard Procedures.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

AIS – Automatic Identification System (Автоматична Ідентифікаційна Система).

ARPA – Automatic Radar Plotting Aid (Автоматичне Відстеження Цілей і Надання Додаткової Навігаційної Інформації).

COP – Circle of Position / Circle of Equal Altitude (коло рівних висот).

DSC – Digital Selective Calling (Цифровий Вибірчий Виклик).

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

GHA – Greenwich Hour Angle (Грінвічський годинний кут).

GMDSS – Global Maritime Distress and Safety System (Глобальна Морська Система Зв'язку при лихі).

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

ILO – International Labour Organization (Міжнародна організація праці).

IMO – International Maritime Organization (Міжнародна морська організація).

INMARSAT – International Maritime Sattelite Organization (Міжнародна Компанія Супутникового Зв'язку).

ISM – International Safety Managemen.

ISPS – International Ship and Port Facility Security Code (Міжнародний Кодекс з охорони суден і портових засобів).

LOP – Line of position (лінія положення).

NAVAREA – Navigational Area (Морські географічні райони).

NAVTEX – Navigational Telex (Міжнародна Автомітазована система оповіщення).

PSC – Port State Control (Портовий Контроль).

SF – Shear Forces (перерізуючі сили).

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

СУРС – Система управління рухом суден.

ЗМІСТ

ВСТУП	9
РОЗДІЛ 1 ХАРАКТЕРИСТИКИ СУДНА	10
1.1 Загальні відомості і головні розміри судна	10
1.2 Транспортно-експлуатаційні характеристики судна	12
1.3 Маневрені характеристики	13
1.4 Навігаційне обладнання	15
1.5 Забезпечення непотоплюваності	16
РОЗДІЛ 2 АНАЛІЗ, ОЦІНКА ТА ПЛАНУВАННЯ НАВІГАЦІЙНОГО ПЕРЕХОДУ	17
2.1 Загальні вимоги до аналізу та плануванню навігаційного переходу	17
2.2 Оцінка запланованого переходу	18
2.2.1 Підготовка для прийому та обміну навігаційною інформацією на переході	21
2.2.2 Збір та аналіз гідрометеорологічної інформації	23
2.2.3 Збір та аналіз навігаційної інформації при прибрежному плаванні	25
2.3 Навігаційні розрахунки для забезпечення безпеки плавання	28
2.3.1 Розрахунок ортодромії	28
2.3.2 Складання маршрутних листів	30
2.3.3 Графічний план переходу	30
2.3.4 Розрахунок природної освітленості	32
2.3.5 Розрахунок висот приливів та побудова графіків приливів	34
2.4 Висновки	34

РОЗДІЛ 3 ОБРОБКА І РОЗМІЩЕННЯ ВАНТАЖІВ	35
3.1 Транспортні характеристики вантажів	35
3.1.1 Навалювальні вантажі	35
3.2 Підготовка вантажних приміщень до прийому вантажів та документальне оформлення морського перевезення	39
3.3 Розрахунок чистої вантажопідйомності судна	45
3.4 Складання вантажного плану	47
3.5 Характеристика експлуатаційних умов рейсу	49
РОЗДІЛ 4 ОЦІНКА МОРЕХІДНИХ ЯКОСТЕЙ СУДНА	51
4.1 Розрахунок водотоннажності й координат центра ваги судна	51
4.2 Розрахунок посадки і початкової остійності	55
4.3 Контроль остійності за матеріалами Інформації	57
4.4 Розрахунок і побудова діаграм остійності	58
4.5 Розрахунок нормованих параметрів остійності	59
4.6 Перевірка виконання рекомендованих ІМО критеріїв остійності	63
4.7 Перевірка загальної подовжньої міцності судна	64
РОЗДІЛ 5 НОВИЙ ПІДХОД ДО ВИЗНАЧЕННЯ МІСЦЯ СУДНА АСТРОНОМІЧНИМИ СПОСОБАМИ	66
5.1 Вступ	66
5.2 Основні методи морехідної астрономії для визначення місця судна	67
5.3 Використання небесної сфери в декартовій системі координат	68
5.3.1 Азимут небесних тіл	70
5.4 Визначення місця судна азимутальним методом	72
5.4.1 Алгоритм, який використовується в азимутальному методі	73
5.5 Висновки	74

РОЗДІЛ 6 РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ СУДНА В РЕЙСІ	75
6.1 Загальна частина (рейсове завдання)	75
6.2 Розрахунок кількісних експлуатаційно-економічних показників роботи судна в рейсі	76
6.3 Розрахунок якісних експлуатаційно-економічних показників роботи судна в рейсі	79
6.4 Прогнозування роботи судна за експлуатаційний період	80
РОЗДІЛ 7 ОХОРОННІ ЗАХОДИ І ЦИВІЛЬНА ОБОРОНА НА СУДНІ	82
7.1 Прогнозування наслідків надзвичайної ситуації на об'єкті морського транспорту	82
7.1.1 Вихідні дані (сценарій виникнення надзвичайної ситуації на об'єкті морського транспорту)	82
7.1.2 Оцінка масштабів хімічного зараження території	83
7.1.2 Висновки та рекомендовані заходи для зменшення людських втрат	91
7.2 Розподіл обов'язків та відповідальності щодо забезпечення охорони судна	90
ВИСНОВКИ	92
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	93

ВСТУП

Магістерська робота присвячена комплексному опрацюванню та дослідженню етапів переходу судна за маршрутом та розгляду теоретичних аспектів проблеми, що досліджується – Новий підхід до визначення місця судна астрономічними способами.

У роботі освітлені найбільш важливі в повсякденній роботі вахтового помічника Капітана етапи: аналіз, оцінка та планування навігаційного переходу; складання оптимального вантажного плану; оцінка морехідних якостей судна, побудова діаграм остійності на відхід і прихід, епюра перерізуючих сил і згинальних моментів на відхід.

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. Розглянути новий підхід, який використовує азимут небесного тіла для отримання рівняння великого кола, що зв'язує спостережуване тіло з положенням судна.

Об'єкт дослідження – етапи переходу судна.

Предмет дослідження – азимутальний метод визначення місця судна.

Основні положення полягають в розширенні кола відомих даних.

Практичне значення роботи складається в можливості комплексно опрацьовувати та досліджувати етапи переходу судна. Пропозиції, щодо підвищення безпеки плавання на складних ділянках можуть бути упроваджені на судні в процесі його експлуатації.

РОЗДІЛ 1

ХАРАКТЕРИСТИКИ СУДНА

1.1 Загальні відомості і головні розміри судна

Таблиця 1.1 – Основні відомості про судно

1.	Назва судна	Crowned Eagle
2.	Тип судна	Bulk Carrier
3.	Позивний сигнал судна	V7Q8
4.	IMO No. / Ship's official No.	9418729 / 3413
5.	MMSI No.	538003413
6.	Рік і місце будівництва	2008, Hi Aichi Works – Chita, Japan
7.	Клас Регістру	Nippon Kaiji Kyokai (NKK)
8.	Порт приписки	Majuro / Marshall Islands
9.	Судновласник	Crowned Eagle Shipping LLC
10.	Менеджмент	Anglo Eastern Shipmanagement – Hong Kong, China
11.	Довжина найбільша, (L)	190,00 м
12.	Довжина між $\perp\perp$, ($L_{\perp\perp}$)	185,00 м
13.	Ширина найбільша, (B)	32,26 м
14.	Висота борту до верхньої палуби, (H)	18,10 м
15.	Осадка судна, (T) в повному вантажу порожньому	12,735 м 2,204 м
16.	Водотоннажність в повному вантажу, (Δ) порожньому, (Δ_o)	Summer 67388 т / Tropical 65878 т 10110 т
17.	Повна вантажопідйомність, (Δ_w)	55768 т

Продовження таблиці 1.1

18.	Головний двигун тип потужність	Wärtsilä 6RT-flex50 Max output / 8890 кВт × 116 об/хв Normal (85%) 7110 кВт × 107,7 об/хв
19.	Режим роботи головного двигуна	Full Ahead/Astern – 78 об/хв Half Ahead/Astern – 67 об/хв Slow Ahead/Astern – 46 об/хв Dead Slow Ahead/Astern – 36 об/хв
20.	Швидкість судна	Full Loaded – 14,2 вузл / Ballast – 15,0 вузл
21.	Гребний гвинт кількість лопастей діаметр гвинта напрямок обертання	Solid Type, Fix pitch propeller 5 5850 мм Праве
22.	Тип руля та площа його пера	Spade type, Semi-balanced
23.	Тип стернової машини:	Kawasaki, electro-hydraulic
24.	Суднова радіостанція: (відповідає вимогам району А3) та включає в себе	GMDSS VHF – Thrane & Thrane – Sailor SP3520 VHF/DSC – Thrane & Thrane – Sailor 6222 DSC/MF/HF – Thrane & Thrane – Sailor 6301 NAVTEX – Sam Electronics – 2918 SART – McMurdo – S5 Smartfind AIS-SART EPIRB – McMurdo – Smartfind 406 EPIRB AIS – Sam Electronics – SAM 3410 Satcom-C – Thrane & Thrane – Sailor 6110 Mini-M – Thrane & Thrane – Sailor 6110 SVDR – Issteinsohn – VDR-4350 DEBEG FleetBroadband – Thrane & Thrane – Sailor 250 Weatherfax – Sam Electronics – 2953T
25.	Валова реєстрова місткість, (GRT):	31544
26.	Чиста реєстрова місткість, (NRT):	18765

Продовження таблиці 1.1

27.	Добова витрата палива: на ходу (HFO) на стоянці (HFO)	30,0 т 3,0 т
28.	Координати центру мас порожнього судна	LCG – 6,97 м KG – 10,64 м

1.2 Транспортно-експлуатаційні характеристики судна

Схематичний план бокового вигляду балкера «Crowned Eagle» з розташуванням приміщень для вантажів та запасів, план верхньої палуби судна (вид зверху) та вантажна шкала судна наведені на рис. 1.1-1.3.

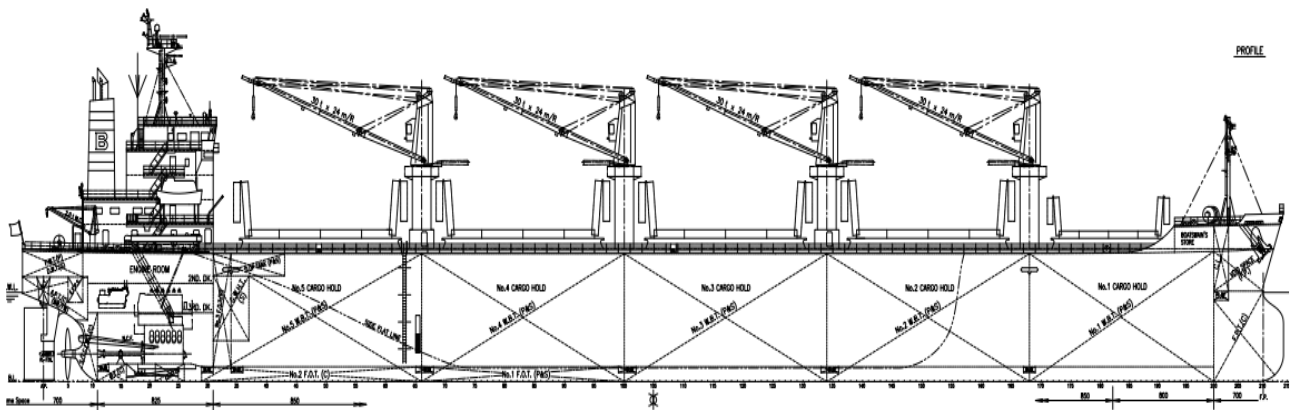


Рисунок 1.1 – План бокового вигляду судна

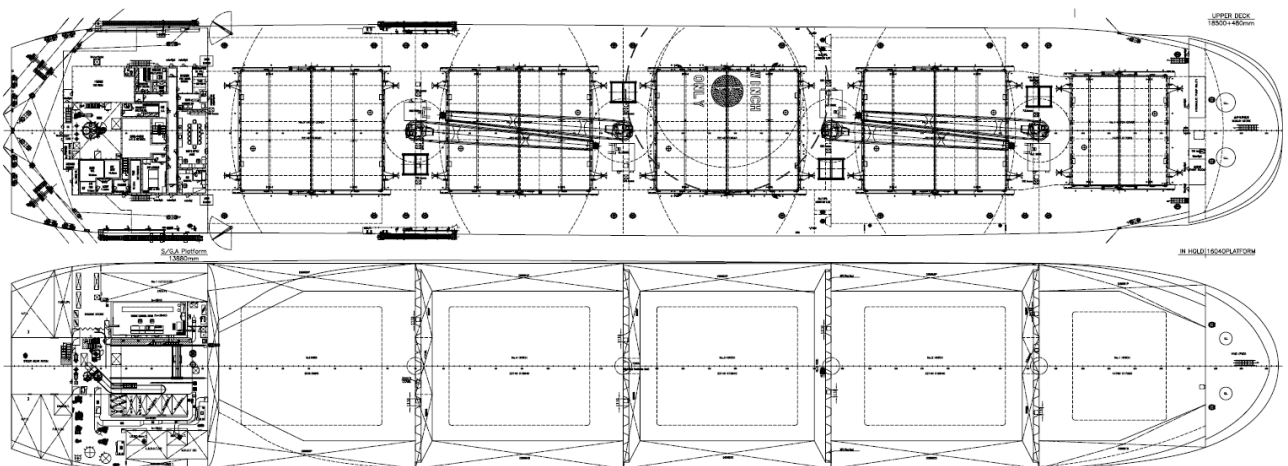


Рисунок 1.2 – План верхньої палуби судна (вид зверху)

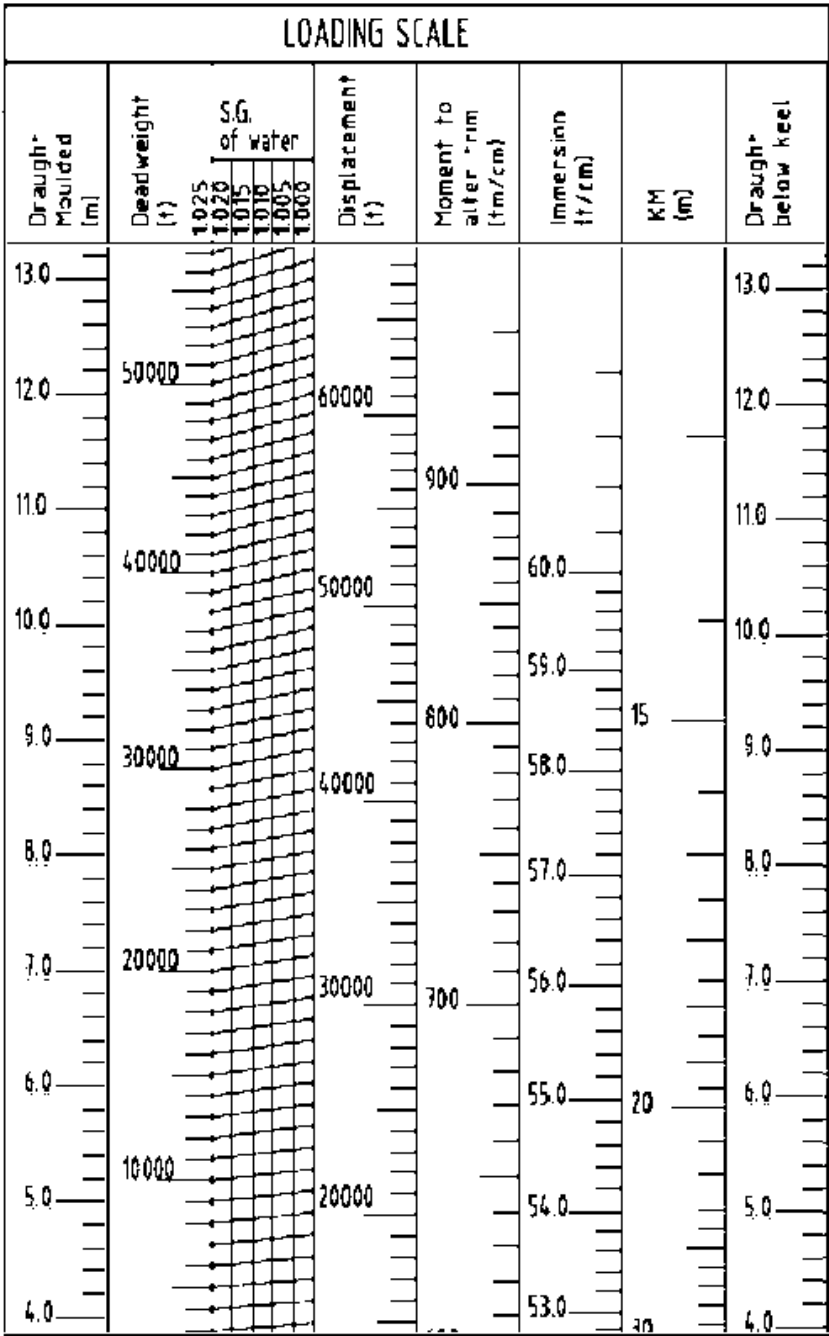


Рисунок 1.3 – Вантажна шкала судна

1.3 Маневрені характеристики

Дані о маневрених характеристиках, якірний ланцюг, робота рульового пристрою, дані про діаметри повороту, дані про гальмівні характеристики у вигляді «Wheelhouse Poster» представлені на рис. 1.4.

WHEELHOUSE POSTER

according to IMO Res. A. 601 (15) + USA CFR 33 § 164.35- 7

SHIP'S PARTICULARS

Ship's name **Crowned Eagle**
Call sign **V 7 Q 8**

Gross tonnage	31544
Net tonnage	18765
Displacement, summer	65878
Deadweight, maximum	55768

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

WARNING

The response of the m/v "Yeoman Bridge" may be different from that listed above if any of the following conditions, upon which the maneuvering information is based, are varied:

- (1) Calm weather-wind 10 knots or less, calm sea,
- (2) No current,
- (3) Water depth twice the vessel's draft or greater,
- (4) Clean hull, and
- (5) Intermediate drafts or unusual trim.

DRAUGHTS AT WHICH THE MANOEUVRING

DATA WERE OBTAINED

	Loaded	Ballast
	Trial/Estimated	Trial/Estimated
Forward		
Aft		

STEERING PARTICULARS

Type of rudder(s)	SEMI BALANCED HANGING
Maximum rudder angle	35 °
Time hard-over to hard-over with one power unit	45 s
Time hard-over to hard-over with two power units	24 s
Minimum speed to maintain course, propeller stopped	4.2 kts
Rudder angle for neutral effect	35 °port/starboard

ANCHOR CHAIN

	Number of shackles	Max rate of heaving (min/shackle)
Port	14	3.0 min
Starboard	13	3.0 min
Stern	N/A	---
1 shackle =	27.5 m = 15 fathoms	

PROPULSION PARTICULARS

Type of engine		Wärtsilä 6RT-flex50					
Type of propeller		RIGHT-HANDED, FIVE BLADE, SOLIO CONSTRUCTION					
Engine order		Rpm/ Pitch- setting	Speed (kts)		Engine order		Rpm/ Pitch- setting
			Loaded	Ballast			
ahead	Full sea speed	84.5	14.20	15.00			
	Full	78	12.90	13.20	Full	76	
	Half	67	10.40	11.20	Half	61	
	Slow	46	9.00	9.70	Slow	53	
	Dead slow	36	5.30	6.00	Dead slow	31	

THRUSTER EFFECT AT TRIAL CONDITIONS

Thruster	kW (hp)	Time delay for full thrust	Turning rate at zero speed	Time delay to reverse full thrust	Not effective above speed
Bow	N/A	---	---	---	---
Stern	N/A	---	---	---	---
Combined	N/A	---	---	---	---

MAN OVERBOARD RESCUE MANOEUVRE

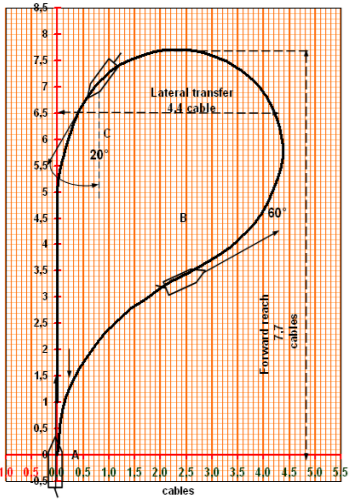
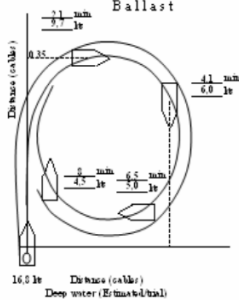
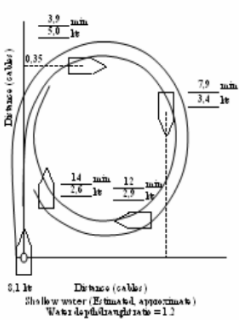
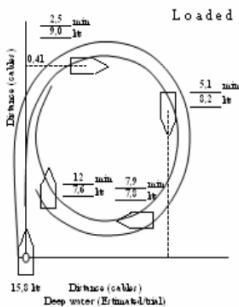
Sequence of actions to be taken:

- to cast a lifeboat
- to give the helm order
- to sound the alarm
- to keep the look - out

Minimum revolutions	23.1 rpm	4.2 kts
Time limit astern	NO LIMIT	
Time limit at minimum revolutions	10 min	
Emergency full ahead to full astern	12 min	
Stop to full astern	10 min	
Aster power	75% ahead	
Maximum number of consecutive starts	15	

TURNING CIRCLES AT MAXIMUM RUDDER ANGLE

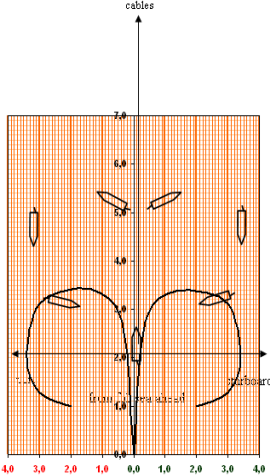
1 cable = 0.1 nautical mile



Point "A" - Rudder hard - over to starboard.
Point "B" - Rudder hard - over to port.
Point "C" - Rudder midship.

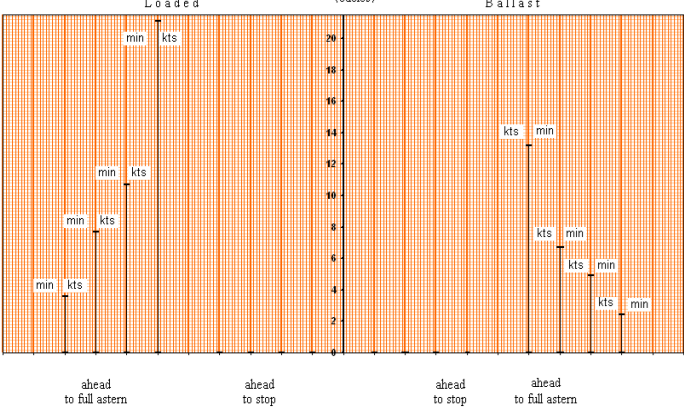
EMERGENCY MANOEUVRES

Loaded



STOPPING CHARACTERISTICS

Loaded



Ballast

EMERGENCY MANOEUVRES

Ballast

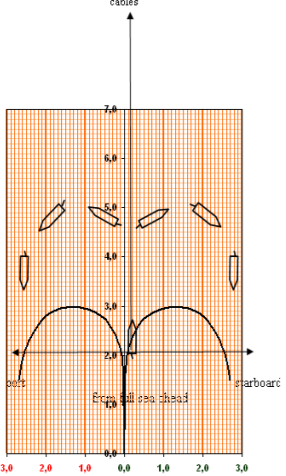


Рисунок 1.4 – Маневрені характеристики

1.4 Навігаційне обладнання

В даному підрозділі наведемо у вигляді таблиць дані про ТЗН (технічні засоби навігації) судна та точнісні характеристики ТЗН.

Таблиця 1.2 – Технічні засоби навігації (ТЗН)

Прилад	Тип	Марка
Magnetic Compass (2)	TY-II	Cassens & Plath GmbH
Gyro Compass (2)	STD 22	Raytheon Anschütz GmbH
Radar S-Band	Radar Pilot	Sam Electronics
Radar X-Band	Radar Pilot	Sam Electronics
ECDIS (2)	Multipilot Platinum	Nacos Platinum
DGPS (2)	R4	Saab 4 Navigation SYSTEM
Echo Sounder	Debeg 4630	Sam Electronics
Speed Log	Dolog SAM4682	Sam Electronics
Autopilot	NautoPilot 5000	Raytheon Anschütz GmbH

Таблиця 1.3 – Точнісні характеристики ТЗН на судні

Тип і марка приладу	Навігаційні параметри	СКП одного вимірювання (95%)
Magnetic Compass	Bearing	$\pm 1^\circ$
Gyro Compass	Bearing	$\leq \pm 1^\circ (0.75^\circ \cdot \secant \text{ latitude})$
Radar S-Band	Distance	1% of the max. range of the scale in use, or 15 m, whichever is the greater
Radar X-Band	Bearing	$\pm 1,5^\circ$
DGPS	Distance to ship	$\pm 7 \text{ m}$
Echo Sounder	Depth	$\pm 2,5 \%$
Speed Log	Speed	1% or 1 kts., whichever is the greater

1.5 Забезпечення непотоплюваності

На m/v «Crowned Eagle» є вся необхідна Інформація про непотоплюваність та Аварійний план (Damage Control Plan), передбачені СУБ Компанії.

Корпус судна є герметичним, за винятком кришок трюмів і горловини ланцюгового ящика. Кришки міцно прилягають до комінгсу та мають захисну гуму, але все це не забезпечує повної герметичності судна. Вода, що потрапила у трюми, може бути легко відібрана осушувальною системою. Всі інші закриття в корпусі судна герметичні.

Вздовж обох бортів головної палуби є система водовідливних шпигатів, які забезпечують відлив води за борт.

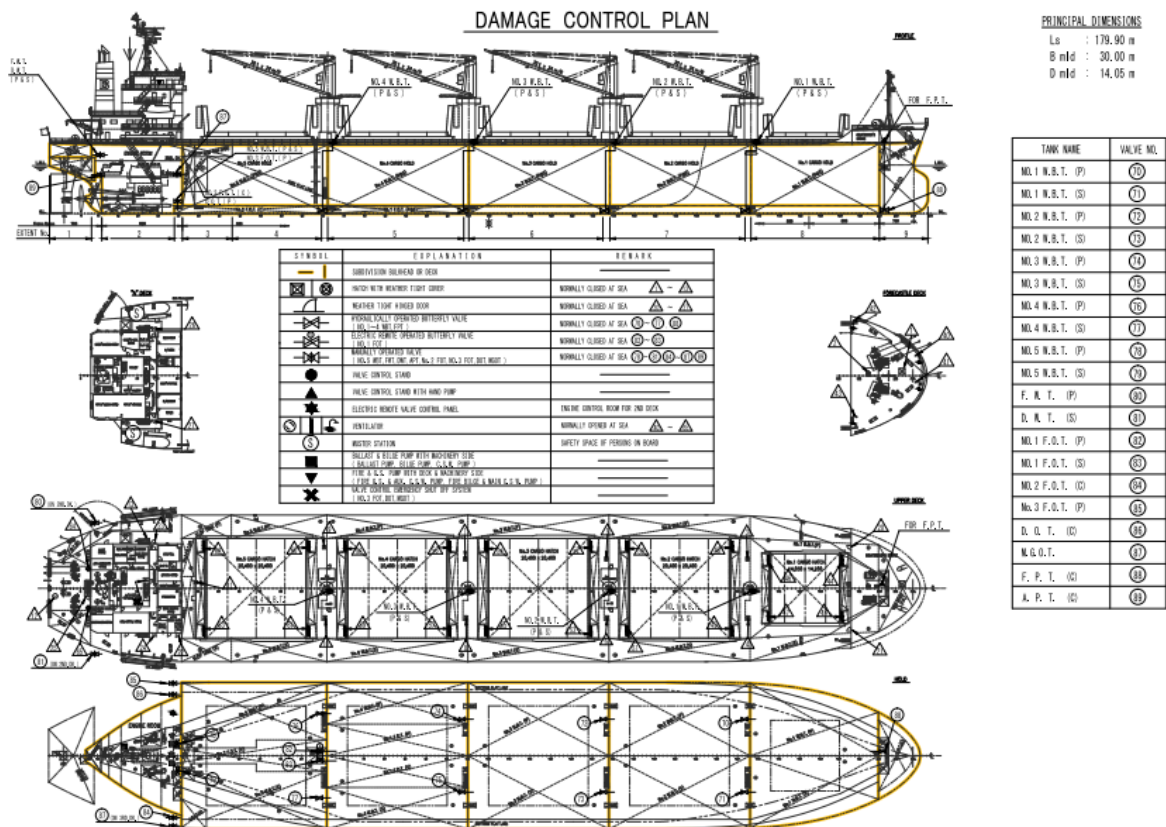


Рисунок 1.5 – Damage control plan

PARTICULAR OF MACHINERIES						
NAME	NO.	TYPE	DRIVEN BY	CAPACITY m ³ /h X mth	OUT PUT kW X rpm	LOCATION
BALLAST PUMP	2	VERTICAL CENTRIFUGAL	ELECT. MOTOR	500/600 X 25/20	55 X 1800	ENG. ROOM
FIRE, G. S. & AUX. C. S. W. PUMP	1	VERTICAL CENTRIFUGAL WITH SELF-PRIM.	ELECT. MOTOR	90/180 X 65/20	37 X 1800	ENG. ROOM
FIRE, BILGE & MAIN C. S. W. PUMP	1	VERTICAL CENTRIFUGAL WITH SELF-PRIM.	ELECT. MOTOR	90/280 X 65/20	55 X 1800	ENG. ROOM
COOLING SEA WATER PUMP	1	VERTICAL CENTRIFUGAL	ELECT. MOTOR	280 X 20	26 X 1800	ENG. ROOM
BILGE PUMP	1	HORIZONTAL PISTON	ELECT. MOTOR	2 X 30	0.75 X 1200	ENG. ROOM

РОЗДІЛ 2

АНАЛІЗ, ОЦІНКА ТА ПЛАНУВАННЯ НАВІГАЦІЙНОГО ПЕРЕХОДУ

2.1 Загальні вимоги до аналізу та плануванню навігаційного переходу

Основні вимоги та рекомендації у відношенні планування переходу містяться у таких Міжнародних документах як:

- Міжнародна Конвенція з охорони людського життя на морі (SOLAS-74), Розділ V «Безпека мореплавства»;
- Міжнародна Конвенція та Кодекс про підготовку і дипломування моряків та несення вахти (STCW-78 з поправками), Розділ VIII;
- Резолюція ІМО А.893 (21) «Керівництво по плануванню рейсу»;
- Рекомендації по організації штурманської служби на морських судах України (РІШСУ-98);
- Bridge Procedures Guide;
- Bridge Team Management.

Принципи планування переходу

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

- ①. Appraisal (Оцінка).
- ②. Planning (Планування).
- ③. Execution (Виконання).
- ④. Monitoring (Контроль).

План переходу складається з 3 частин:

- від причалу порту відходу до початку морської ділянки переходу;
- морська ділянка переходу;
- від закінчення морської ділянки переходу до причалу порту заходу.

2.2 Оцінка запланованого переходу

В даному підрозділі приведемо конкретну інформацію, яка стосується оцінки переходу, що відповідає етапу «Passage Plan Appraisal». Для цього проведемо підбір навігаційних карт (ENC), посібників і публікацій (e-NP/ NP) на заданий перехід.

Cell Name	Title	Edition	Onboard Edition	Onboard Status	Usage Band
GB20830A	Bay Of Bengal - Andaman Sea	Ed 9 Upd 2	Ed 9 Upd 2	Onboard	General
GB300817	Shahpuri Point Mun Aung Island	Ed 8 Upd 9	Ed 8 Upd 9	Onboard	Coastal
GB300818	Kaleindaung to Bassein River	Ed 7 Upd 6	Ed 7 Upd 6	Onboard	Coastal
GB300823	Pyamalaw River to Rangoon River	Ed 7 Upd 4	Ed 7 Upd 4	Onboard	Coastal
GB42139A	Approaches To Pelabuhan Klang	Ed 15 Upd 0	Ed 15 Upd 0	Onboard	Approach
ID100066	Laut Jawa (Java Sea)	Ed 10 Upd 0	Ed 10 Upd 0	Onboard	Overview
ID100121	Selat Makassar	Ed 7 Upd 1	Ed 7 Upd 1	Onboard	Overview
ID200103	Singapura Hingga Selat Bangka	Ed 6 Upd 4	Ed 6 Upd 4	Onboard	General
ID202794	Teluk Aritam - Teluk Sebangsan	Ed 4 Upd 0	Ed 4 Upd 0	Onboard	General
ID202795	Madura to Pulau Laut	Ed 6 Upd 0	Ed 6 Upd 0	Onboard	General
ID202796	Tanjung Awarawar	Ed 5 Upd 2	Ed 5 Upd 2	Onboard	General
ID202869	Outer Appr Singapore Strait	Ed 8 Upd 2	Ed 8 Upd 2	Onboard	General
ID202870	Pulau-Pulau Leman	Ed 3 Upd 0	Ed 3 Upd 0	Onboard	General
ID202872	Selat Karimata Approaches	Ed 5 Upd 9	Ed 5 Upd 9	Onboard	General
ID202892	Pulau Sabaru To Tanjung Rangas	Ed 5 Upd 9	Ed 5 Upd 9	Onboard	General
ID202893	Pula Babalagan-Tanjung Karang	Ed 8 Upd 0	Ed 8 Upd 0	Onboard	General
ID300051	Pulau belitung pnatai Timur	Ed 1 Upd 4	Ed 1 Upd 4	Onboard	Coastal
ID300122	Laut hingga Teluk Klumpang	Ed 2 Upd 4	Ed 2 Upd 4	Onboard	Coastal
ID300125	Tanjung Manggar Teluk Klumpang	Ed 4 Upd 2	Ed 4 Upd 2	Onboard	Coastal
ID300130	Timur Muara Berau	Ed 7 Upd 0	Ed 7 Upd 0	Onboard	Coastal
ID300285	Pulau-Pulau Karimata	Ed 3 Upd 0	Ed 3 Upd 0	Onboard	Coastal
ID300286	South West Kalimantan	Ed 2 Upd 9	Ed 2 Upd 9	Onboard	Coastal
ID300287	Tanjung Sambar-Tanjung Putting	Ed 5 Upd 2	Ed 5 Upd 2	Onboard	Coastal
ID300288	Tanjung Putting - Malatayur	Ed 5 Upd 0	Ed 5 Upd 0	Onboard	Coastal
ID300289	Tanjung Malatayur-Sungai Satui	Ed 5 Upd 3	Ed 5 Upd 3	Onboard	Coastal
ID300426	Florence hingga Pulau Pejantan	Ed 4 Upd 14	Ed 4 Upd 14	Onboard	Coastal
ID300427	Tokongkemudi hingga Pulau Mapor	Ed 3 Upd 6	Ed 3 Upd 6	Onboard	Coastal
ID400157	Alur Dan Pelabuhan Balikpapan	Ed 7 Upd 1	Ed 7 Upd 1	Onboard	Approach

Рисунок 2.1 – Перелік карт на перехід (1)

Cell Name	Title	Edition	Onboard Edition	Onboard Status	Usage Band
MS4BR2JS	Buffalo Rock to Johor Shoal	Ed 10 Upd 12	Ed 10 Upd 12	Onboard	Approach
MS4IK2RL	Iyu Kechil Raffles Lighthouse	Ed 9 Upd 12	Ed 9 Upd 12	Onboard	Approach
MS4NS2EB	Nongsa to Eastern Bank	Ed 9 Upd 12	Ed 9 Upd 12	Onboard	Approach
MY2C0054	Malaysia	Ed 10 Upd 4	Ed 10 Upd 4	Onboard	General
MY2C0058	Ko Phuket- Pulau Jarak	Ed 8 Upd 3	Ed 8 Upd 3	Onboard	General
MY3C0540	Kepulauan Sembilan-Pelabuhan KI	Ed 7 Upd 5	Ed 7 Upd 5	Onboard	Coastal
MY3C0553	Pulau Pinang - Ujung Tamiang	Ed 5 Upd 0	Ed 5 Upd 0	Onboard	Coastal
MY3C0554	P Pinang - Kepulauan Sembilan	Ed 7 Upd 4	Ed 7 Upd 4	Onboard	Coastal
MY3C0565	Ko Tarutao-Pulau Pinang	Ed 8 Upd 1	Ed 8 Upd 1	Onboard	Coastal
MY4C5239	SEKITAR PERAIRAN PORT DICKSON	Ed 6 Upd 0	Ed 6 Upd 0	Onboard	Approach
MY6B5123	PELABUHAN TANJUNG PELEPAS	Ed 2 Upd 5	Ed 2 Upd 5	Onboard	Berthing
MY6B6122	RAPID PENDERANG	Ed 2 Upd 2	Ed 2 Upd 2	Onboard	Berthing
SG5001	Singapore Waters and Approaches	Ed 15 Upd 1	Ed 15 Upd 1	Onboard	Harbour
TH200362	Satun To Ranong	Ed 2 Upd 6	Ed 2 Upd 6	Onboard	General
TH300308	Phuket To Kantang	Ed 2 Upd 8	Ed 2 Upd 8	Onboard	Coastal
TH300309	KO RAWI TO SATUN	Ed 1 Upd 3	Ed 1 Upd 3	Onboard	Coastal
ID300430	Title Not Specified	Ed 4 Upd 2	Ed 4 Upd 2	Onboard	Coastal
IN17706C	BAY OF BENGAL	Ed 1 Upd 0	Ed 1 Upd 0	Onboard	Overview
ID400157	Alur Dan Pelabuhan Balikpapan	Ed 7 Upd 1	Ed 7 Upd 1	Onboard	Approach
IN141ANI	Title Not Specified	Ed 1 Upd 27	Ed 1 Upd 27	Onboard	Overview
JP12FBF4	Java Sea	Ed 5 Upd 22	Ed 5 Upd 22	Onboard	Overview
JP13DRU0	South China Sea 1	Ed 5 Upd 11	Ed 5 Upd 11	Onboard	Overview
JP13DS14	South China Sea 2	Ed 13 Upd 10	Ed 13 Upd 10	Onboard	Overview
KR1SW000	South China Sea	Ed 10 Upd 1	Ed 10 Upd 1	Onboard	Overview
MS3IK2EB	Malacca and Singapore Strait	Ed 8 Upd 19	Ed 8 Upd 19	Onboard	Coastal
MS3OF2TT	Malacca and Singapore Strait	Ed 6 Upd 14	Ed 6 Upd 14	Onboard	Coastal
MS3RS2FC	Malacca and Singapore Strait	Ed 8 Upd 5	Ed 8 Upd 5	Onboard	Coastal
ID300513	Java Sea Sheet 1	Ed 1 Upd 0	Ed 1 Upd 0	Onboard	Coastal
ID300514	Java Sea Sheet 2	Ed 1 Upd 3	Ed 1 Upd 3	Onboard	Coastal
ID300515	Java Sea Sheet 3	Ed 1 Upd 0	Ed 1 Upd 0	Onboard	Coastal
IN231BBN	KRISHNAPATNAM TO BASSEIN RIVER	Ed 2 Upd 0	Ed 2 Upd 0	Onboard	General
MY4C5129	Pisang to Raffles Lighthouse	Ed 1 Upd 0	Ed 1 Upd 0	Onboard	Approach
MY4C5152	Pelabuhan Batu Pahat	Ed 1 Upd 1	Ed 1 Upd 1	Onboard	Approach

Рисунок 2.2 – Перелік карт на перехід (2)

Cell Name	Title	Edition	Onboard Edition	Onboard Status	Usage Band
ID30427A	Indonesia Laut Natuna bagian	Ed 1 Upd 6	Ed 1 Upd 6	Onboard	Coastal
IN2473NI	Andaman Island	Ed 1 Upd 11	Ed 1 Upd 11	Onboard	General
MY4C5230	Perairan Kuala Linggi	Ed 4 Upd 0	Ed 4 Upd 0	Onboard	Approach
BD307425	Malancha R. to St Martins I.	Ed 1 Upd 13	Ed 1 Upd 13	Onboard	Coastal
IN3401RA	Preparis Island to Landfall I.	Ed 1 Upd 0	Ed 1 Upd 0	Onboard	Coastal
BD407454	Approaches to Payra Harbour	Ed 1 Upd 7	Ed 1 Upd 7	Onboard	Approach
BD507453	Payra Harbour	Ed 1 Upd 6	Ed 1 Upd 6	Onboard	Harbour
MY4C5255	Selat Klang Selatan	Ed 1 Upd 3	Ed 1 Upd 3	Onboard	Approach

Рисунок 2.3 – Перелік карт на перехід (3)

Таблиця 2.1 – Перелік публікацій на перехід

NP №	Title
1	2
34	Indonesia Pilot Vol. II
36	Indonesia Pilot Vol I
44	Malacca Strait And West Coast Of Sumatera Pilot
21	Bay of Bengal Pilot
205	South China Sea and Indonesia (including Tidal Stream Tables)
203	Indian Ocean (including Tidal Stream Tables)
88	Eastern Indian Ocean South of the Equator. Volume Q
79	N.E. Ind O. Cent part of S. China & E. Archipelagic Seas. Vol. F
314	The Nautical Almanac
281(2)	Maritime Radio Stations: The Americas, Far East and Oceania
281(1)	Maritime Radio Stations: Europe, Africa and Asia
282(2)	Radio Aids to Navigation, DGPS, Legal Time, Radio Time Signals and Electronic Position Fixing System: The Americas, Far East and Oceania
282(1)	Radio Aids to Navigation, DGPS, Legal Time, Radio Time Signals and Electronic Position Fixing: Europe, Africa and Asia
283(2)	Maritime Safety Information Services: The Americas, Far East and Oceania

Продовження таблиці 2.1

1	2
283(1)	Maritime Safety Information Services: Europe, Africa and Asia
284	Meteorological Observation Station
285	Global Maritime Distress and Safety System
286(4)	Pilot Services, Vessel Traffic Services and Port Operations: Asia and Australasia
131	Catalogue of Admiralty Charts and Publications
100	The Mariners Handbook
294	How to Correct your Charts the Admiralty Way
5011	Symbols and Abbreviations used on Admiralty Charts
133A	Paper Chart Maintenance Record
234	Cumulative list of Admiralty Notices to Mariners
247	Annual Summary of Admiralty Notices to Mariners
735	IALA Maritime Buoyage System
136(2)	Ocean Passages for the World
e-Book	Guide to Port Entry

2.2.1 Підготовка для прийому та обміну навігаційною інформацією на переході

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

Метеорологічна інформація забезпечується відповідно до технічних правил і рекомендацій Всесвітньої Метеорологічної Організації (WMO – World Meteorological Organization).

За допомогою посібника ALRS 283(1) та ALRS 283(2) обираємо інформацію щодо факсимільних карт погоди за маршрутом переходу.

Таблиця 2.2 – Радіостанції факсимільних гідрометеорологічних передач

№	Name	Map areas	Schedule	
1.	Bangkok (HSW64)	A 1:20 000 000 50°N 45°E 50°N 160°E 30°S 45°E 30°S 160°E	Surface analysis	1020 (06) 2320 (18)
			24 ^h Surface pressure	0300 (12)
			48 ^h Surface pressure	0320 (12)
			72 ^h Surface pressure	0340 (12)
			Broadcast schedule	0200
			Surface pressure forecast	0120 (12)

Таблиця 2.3 – Райони NAVAREA, станції NAVTEX на переході

№	Location	NAVAREA №	NAVTEX	NAVAREA
1.	Departure Port to 95°E	XI	Makassar [D] Jakarta [E] Singapore [C] Penang [U]	Japan
2.	95°E to Arrival Port	VIII	—	India

За допомогою посібника ALRS 286(4) визначаємо наявність по маршруту контрольних постів, районів, де здійснюється управління рухом судів постами СУДС (Reporting Areas), з'ясовуємо деталі зв'язку з лоцманськими станціями і операторами терміналів в портах.

Таблиця 2.4 – Зв'язок на переході

№	Station	Type	Channel	Type of call
1.	<u>BALIKPAPAN</u> Port Administrator Balikpapan Pilot	VHF	16 12	Unberthing, Tugs, Pilotage
2.	<u>SINGAPORE STRAIT</u> VTS STRAITREP	VHF	66, 88, 84, 61 88	Sector1 to 6 KLANG VTS / JOHOR VTS
3.	<u>CHITTAGONG</u> Chittagong Port	VHF	16, 14	Tugs, Pilotage

2.2.2 Збір та аналіз гідрометеорологічної інформації

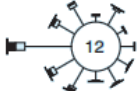
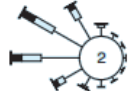
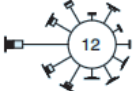
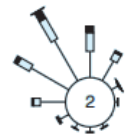
В даному підрозділі виконуємо аналіз гідрометеорологічних умов за маршрутом плавання на січень місяць. Для цього використовуємо середні багаторічні данні, які наведені в Sailing Directions та Pilot Charts.

Для опису гідрометеорологічних умов перехід розбиваємо на 4 ділянки згідно із межами Sailing Directions.

Таблиця 2.5 – Атмосферний тиск і розшифровка роз вітрів

Характеристики за ділянками	NP 34	NP 36	NP 44	NP 21
1	2	3	4	5
Атмосферний тиск, hPa	1010	1010	1010	1015
BITEP				
Середня швидкість, kts	5	4	6	4
Направлення вітру	Повторюваність вітру, %			
N	6	14	22	26
NE	10	3	25	48
E	31	2	5	19

Продовження таблиці 2.5

1	2	3	4	5
SE	14	Rare	2	5
S	12	0	8	1
SW	6	Rare	8	0
W	4	77	11	0
NW	5	2	4	1
Calm	12	2	15	1
Схема рози вітрів				

Гідрометеорологічна характеристика погодних умов, яка очікується на переході Balikpapan (Indonesia) – Chittagong (Bangladesh) цілком сприятлива.

Таблиця 2.6 – Гідрологічна характеристика

Характеристики за ділянками		NP 34	NP 36	NP 44	NP 21
Температура повітря		27 °C	31 °C	29 °C	23 °C
Температура води		24 °C	28 °C	28 °C	24 °C
Відносна вологість		87 %	81 %	72 %	74 %
Повторюваність туманів		—	5 days	1 days	2 days
Хмарність		7 oktas	7 oktas	4 oktas	1 oktas
Солоність води		≈ 34 ‰	≈ 35 ‰	≈ 34 ‰	≈ 33 ‰
Щільність води		1·020 g/cm ³	1·022 g/cm ³	1·020 g/cm ³	1·016 g/cm ³
Постійні течії	напрявлення	E	SE	NW	S
	швидкість	$\frac{3}{4}$ – 1 kts	$\frac{3}{4}$ – 1 $\frac{1}{4}$ kts	$\frac{3}{4}$ – 1 kts	$\frac{1}{4}$ kts
	постійність	50-75 %	50-75 %	< 50 %	< 50 %

2.2.3 Збір та аналіз навігаційної інформації при прибрежному плаванні

Використавши Sailing Directions, ALLFS, Guide to Port Entry (e-Book), в даному підрозділі наводимо навігаційну та загальну інформацію щодо портів, місць лоцманської проводки, буксирного забезпечення, якірних стоянок, забезпеченості засобами навігаційного обладнання (ЗНО), тощо.

Balikpapan (Indonesia) – (Lat. 01°16' S, Long. 116°48' E)

Порт Balikpapan розташований в Індонезії, Makassar Strait.

Максимальний розмір – LOA 250 m., Draft 13,05 m.

Вантажна марка – Tropical.

Лоцманська проводка – обов'язкова. Капітан має повідомити про розрахунковий час прибуття (ETA) на фарватерний буй адміністрацію порту щонайменше за 48 годин та підтвердити ETA за 24 години до прибуття через Balikpapan Radio, а також зв'язатися з лоцманською станцією за 1 годину до підходу до фарватерного буя на каналі VHF 12.

Буксири – доступно 3 буксири – 980 к.с., 1 700 к.с. і 2 400 к.с.

Ремонтні роботи – доступно.

Якірна стоянка:

– (1) Усі частини затоки Balikpapan підходять для стоянки на якорі під час очікування лоцманського катера, окрім каналів між буями 1 і 12.

– (2) Lat. 01°21,3' S, Long. 116°56,4' E.

– (3) Lat. 01°16,1' S, Long. 116°48,0' E.

Обмеження – порт працює цілодобово. Судна з осадкою менш ніж 11,50 м можуть входити/виходити з каналу будь-коли; з рейду до затоки Wagu Bay та річки Rekalong River – лише між 06:00 та 18:00. Судна з осадкою понад 11,50 м повинні чекати припливу.

Паливо – доступно.

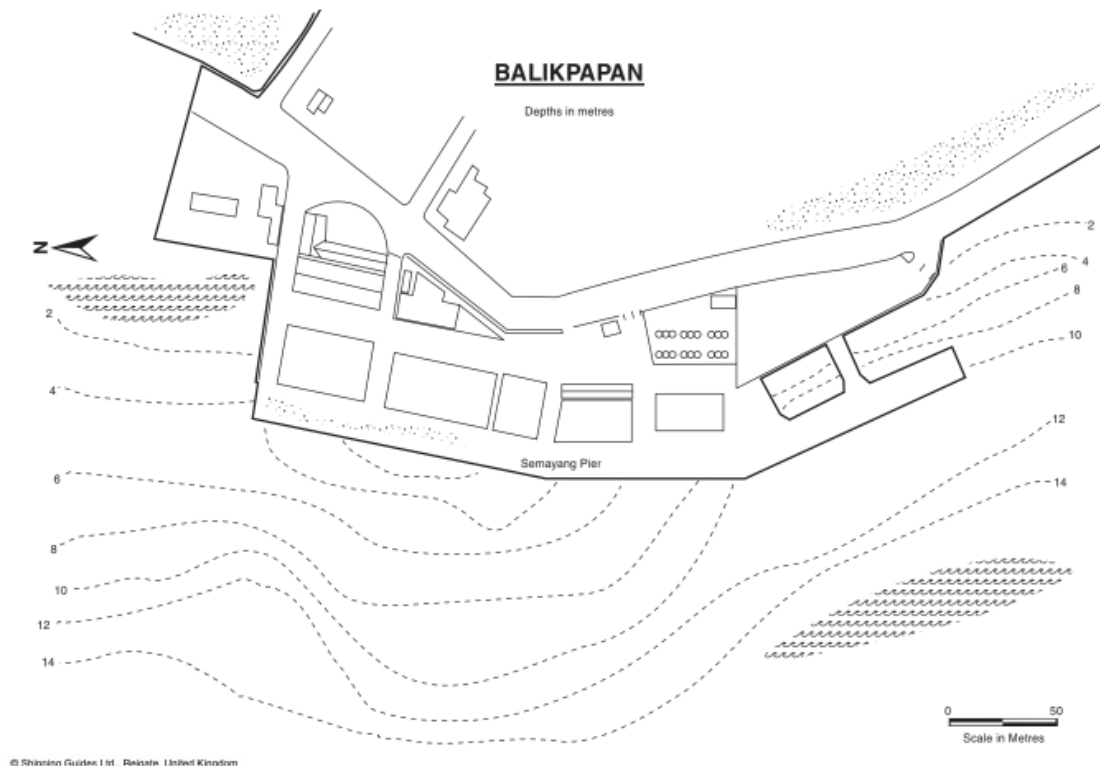


Рисунок 2.4 – План порту Balikpapan

Chittagong (Bangladesh) – (Lat. 22°19' N, Long. 091°48' E)

Порт Chittagong розташований в Бангладеші на березі Бенгальського залив.

Максимальний розмір – судна з великою осадкою повинні заходити на повній воді, і щодо цього слід отримати рекомендації від місцевих джерел (агента), а не покладатися лише на таблиці, оскільки місцеві фактори можуть суттєво впливати на припливну ситуацію.

Вантажна марка – Tropical (1 December to 30 April).

Лоцманська проводка – обов'язкова. Лоцмани піднімаються на борт і залишають судна за 1,5 милі на WSW від маяка №1 (No. 1 Sea Buoy). Судна, що прямують у порт, повинні підійти до Fairway Buoy щонайменше за 3 години до повної води (HW), якщо хочуть увійти на певному припливі – як удень, так і вночі.

Нічна навігація дозволена для суден, що виходять і заходять, довжиною до 164,60 м LOA та 137,15 м LOA відповідно.

Буксири – доступно.

Ремонтні роботи – доступно.

Якірна стоянка – вважається безпечною, а ґрунт має добрі якірні якості. Дно річки складається з м'якого мулу і не становить небезпеки у разі посадки на мілину. Якірний ґрунт біля Kutubdia досить добрий, однак сильні течії потребують вибрати додаткову довжину якірного ланцюга.

Під час сизигійних припливів на зовнішній якірній стоянці течія дуже сильна (6-8 вузлів), а під час паводків може бути ще більшою. Рекомендується тримати машини напоготові у будь-який момент під час сизигійних течій та забезпечувати безперервну і ефективну вахту на якорі.

Капітанам суден, що підходять до Chittagong Roads, радять не намагатися перетинати курс перед носом суден, які стоять на якорі або рухаються, щоб уникнути дрейфування на них та можливої колізії в умовах сильної течії на зовнішній стоянці. Якщо перетин траєкторії неминучий, необхідно робити це з максимальною обережністю, надаючи судну на якорі/у русі значну дистанцію обходу, враховуючи мінімальну швидкість течії 6 вузлів та інші морські фактори. Судна на зовнішній якірній стоянці повинні тримати вахту на палубі як на носі, так і на кормі.

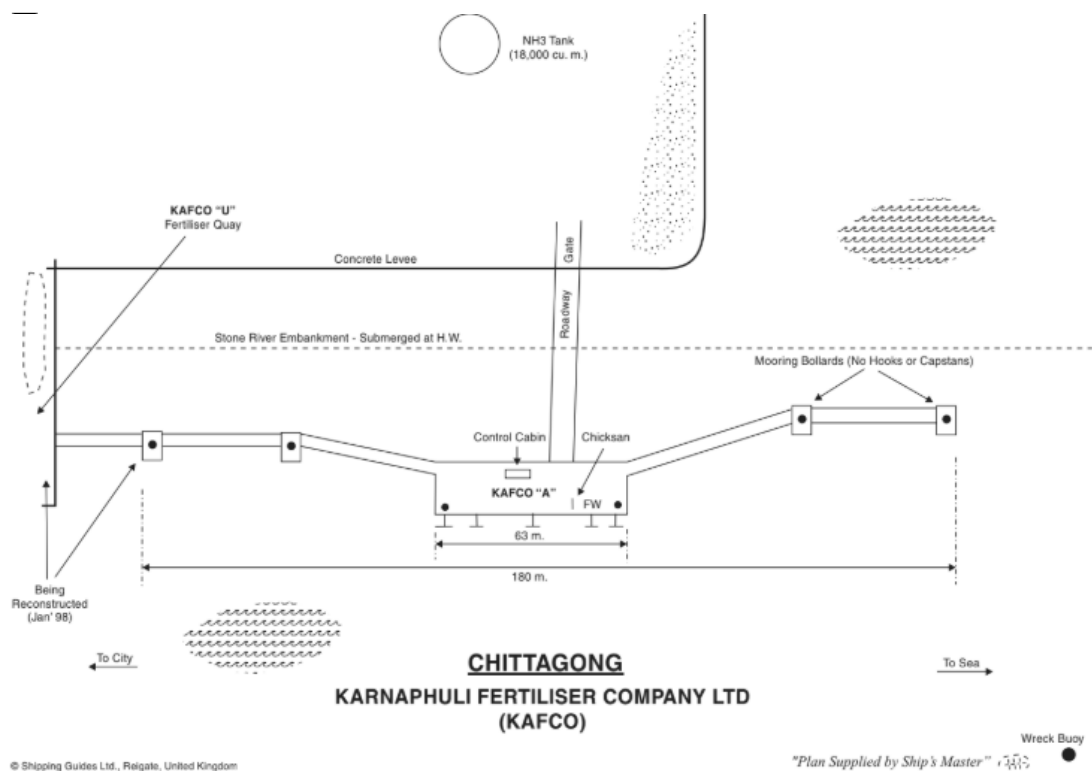


Рисунок 2.5 – План порту Chittagong

Таблиця 2.7 – Засоби навігаційного обладнання

№	Name	Position		Characteristics	Range, nm
		Lat	Long		
1.	P.Buton Butona	03°39.4'S	116°35.6'E	FL(3) 15s	12
2.	P.Payongpayongan	04°22.8'S	115°50.1'E	FL 6s	15
3.	TG Selatan	04°10.4'S	114°39.1'E	FL 6s	17
4.	Pulau Pesemut	02°29.8'S	108°50.5'E	FL 5s	17
5.	Horsburgh Lighthouse	01°19.8'N	104°24.3'E	FL 10s Racon (O)	20
6.	Sakijang	01°13.3'N	103°51.2'E	FL 2.5s	15
7.	Mudah Selatan	01°25.1'N	103°11.2'E	FL(3) 15s Racon (O)	15
8.	Tanjung RHU	02°50.2'N	101°16.9'E	FL 5s	15
9.	P.Jarak	03°58.6'N	100°05.6'E	FL(2) 15s	20
10.	Pulau Perak	05°41.7'N	098°56.4'E	FL(2) 10s	16
11.	KO Similan	08°37.1'N	097°39.3'E	FL(3) 20s	17

2.3 Навігаційні розрахунки для забезпечення безпеки плавання

2.3.1 Розрахунок ортодромії

Основними критеріями при виборі оптимального шляху є безпека, швидкість, метеорологічні умови, зберігання вантажу і досягнення економічного ефекту.

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 та ортодромії, а потім виконують порівняння їх.

Існує декілька способів розрахунку плавання по ортодромії. Перший з них – аналітичний, з використанням формул сферичної тригонометрії. Другий спосіб розрахунку плавання по ортодромії полягає в використанні карт гномонічної проекції (штурманський спосіб). Вони дозволяють прокласти курс між початковою і кінцевою точками шляху, а також визначити початкові курси для плавання через інтервали відповідні різниці довгот 5-10°.

Керівництво «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.

У магістерській роботі за реальним рейсовим завданням плавання по ортодромії відсутнє, тому виконаємо розрахунок локсодромії і ортодромії аналітичним методом для двох довільних точок.

$$\textcircled{1}. \varphi_1 = 04^{\circ}47' \text{ S}, \lambda_1 = 035^{\circ}16' \text{ W}; \quad \textcircled{2}. \varphi_2 = 35^{\circ}10' \text{ S}, \lambda_2 = 020^{\circ}00' \text{ E}.$$

1. Знаходимо різницю широт:

2. Знаходимо різницю довгот:

φ_2	$-35^{\circ} 10'$	λ_2	$+020^{\circ} 00'$
$-\varphi_1$	$-04^{\circ} 47'$	$-\lambda_1$	$-035^{\circ} 16'$
$\Delta\varphi$	$-30^{\circ}23' \text{ до S } (-1823')$	$\Delta\lambda$	$+055^{\circ}16' \text{ до E } (+3316')$

3. Знаходимо різницю меридіональних частин:

$$m = 3437,75 \times \ln[\operatorname{tg}(45^{\circ}+\varphi_2/2) / \operatorname{tg}(45^{\circ}+\varphi_1/2)] = -1969,18'.$$

4. Розраховуємо локсодромічний курс:

$$K_{\text{л}}' = \arccos (m / \sqrt{(\Delta\lambda^2 + m^2)}) = 120,7^{\circ}$$

$$K_{\text{л}} = K_{\text{л}}' \text{ при } \Delta\lambda > 0, K_{\text{л}} = 360^{\circ} - K_{\text{л}}' \text{ при } \Delta\lambda < 0$$

$$K_{\text{л}} = 120,7^{\circ}.$$

5. Розраховуємо локсодромічну відстань:

$$S_{\text{л}} = \Delta\varphi / \cos K_{\text{л}} = 3570,34 = 3570 \text{ миль}.$$

6. Розраховуємо довжину ортодромії:

$$D = \arccos (\sin\varphi_1 \cdot \sin\varphi_2 + \cos\varphi_1 \cdot \cos\varphi_2 \cdot \cos\Delta\lambda) = 3551,49 = 3552 \text{ миль}.$$

7. Визначаємо доцільність плавання по ортодромії:

$$\Delta D = S_{\text{л}} - D = 18 \text{ миль}.$$

$$\Delta D = ((S_{\text{л}} - D) / S_{\text{л}}) \cdot 100\% \approx 0,5\%.$$

Після виконання розрахунків можна сказати, що плавання по ортодромії не дає нам перевагу перед прямуюванням по локсодромії. Отже, порівнюючи виграш у відстані та безпеку переходу, можемо стверджувати, що плавання по ортодромії на даному переході недоцільно.

2.3.2 Складання маршрутних листів

Після попередньої оцінки переходу підраховують і коригують загальну довжину шляху, необхідну для точного визначення необхідної кількості палива, води і запасів продовольства, зіставляють її з даними таблиці відстаней, уточнюють тривалість рейсу з урахуванням заходів в проміжні порти.

Вимірюючи довжину окремих ділянок шляху, розраховують моменти підходу до основних точок поворотів, час проходу особливо небезпечних місць траси, обчислюють моменти і пеленги відкриття і приховування основних маяків та проходження їх траверзів, передбачувані відстані до берегових об'єктів.

Для зручності використання попередніх розрахунків всі дані зводяться в табличну форму (маршрутний лист), який повинен лежати на штурманському столі. Безумовно, протягом рейсу в маршрутні листи вносяться необхідні зміни.

Зразок фактичного маршрутного листа наведено на рис. 2.6.

2.3.3 Графічний план переходу

Результати навігаційного планування переходу оформляємо у вигляді графічного плану переходу. На графічному плані наносимо наступну інформація: курс судна (локсодромія), назви портів відходу/заходу, основні течії, рози вітрів. Графічний план переходу наведено на рис. 2.7.



Passage Information

#	Latitude	Longitude	Course	Speed Knots	Geo Type	Draught (m)	Xle	ROT	Tide (m)	UKC Type	UKC (m)	Squat	ETA	Time Zone	DTN (Nm)	DTG (Nm)	Leg Duration
1	01° 21' 14" S	116° 56' 10" E	139.0°	14	RL	15	50	0	0	Open	0	0	0001-01-01 08:00	GMT +08:00	10.29	2615.03	00h 44m
2	01° 29' 0" S	117° 02' 55" E	156.9°	14	RL	15	50	0	0	Open	0	0	0001-01-01 08:44	GMT +08:00	3.48	2604.75	00h 14m
3	01° 32' 12" S	117° 04' 17" E	193.1°	14	RL	15	50	0	0	Open	0	0	0001-01-01 08:59	GMT +08:00	34.08	2601.27	02h 26m
4	02° 05' 24" S	116° 56' 34" E	178.7°	14	RL	15	50	0	0	Open	0	0	0001-01-01 11:25	GMT +08:00	42.96	2567.18	03h 04m
5	02° 48' 21" S	116° 57' 31" E	172.1°	14	RL	15	50	0	0	Open	0	0	0001-01-01 14:29	GMT +08:00	32.26	2524.22	02h 18m
6	03° 20' 18" S	117° 01' 59" E	214.1°	14	RL	15	50	0	0	Open	0	0	0001-01-01 16:47	GMT +08:00	63.54	2491.96	04h 32m
7	04° 12' 54" S	116° 26' 16" E	244.9°	14	RL	15	50	0	0	Open	0	0	0001-01-01 21:19	GMT +08:00	39.92	2428.43	02h 51m
8	04° 29' 50" S	115° 50' 1" E	267.6°	14	RL	15	50	0	0	Open	0	0	0001-01-02 00:10	GMT +08:00	68.73	2388.51	04h 54m
9	04° 32' 46" S	114° 41' 8" E	279.9°	14	RL	15	50	0	0	Open	0	0	0001-01-02 05:05	GMT +08:00	279.46	2319.78	19h 57m
10	03° 44' 40" S	110° 05' 7" E	303.6°	14	RL	15	50	0	0	Open	0	0	0001-01-03 00:03	GMT +07:00	21.86	2040.32	01h 33m
11	03° 32' 35" S	109° 46' 52" E	326.2°	14	RL	15	50	0	0	Open	0	0	0001-01-03 01:36	GMT +07:00	40.74	2018.46	02h 54m
12	02° 58' 44" S	109° 24' 10" E	319.3°	14	RL	15	50	0	0	Open	0	0	0001-01-03 04:31	GMT +07:00	61.53	1977.72	04h 23m
13	02° 12' 7" S	108° 43' 58" E	307.6°	14	RL	15	50	0	0	Open	0	0	0001-01-03 08:55	GMT +07:00	15.22	1916.19	01h 05m
14	02° 02' 50" S	108° 31' 54" E	314.5°	14	RL	15	50	0	0	Open	0	0	0001-01-03 10:00	GMT +07:00	304.42	1900.98	21h 44m
15	01° 30' 29" N	104° 54' 41" E	287.5°	14	RL	15	50	0	0	Open	0	0	0001-01-04 07:44	GMT +07:00	4.49	1596.56	00h 19m
16	01° 31' 50" N	104° 50' 24" E	254.3°	14	RL	15	50	0	0	Open	0	0	0001-01-04 08:04	GMT +07:00	24.3	1592.07	01h 44m
17	01° 25' 15" N	104° 27' 0" E	229.2°	14	RL	15	50	0	0	Open	0	0	0001-01-04 10:48	GMT +08:00	9.95	1567.77	00h 42m
18	01° 18' 45" N	104° 19' 28" E	259.2°	14	RL	15	50	0	0	Open	0	0	0001-01-04 10:30	GMT +07:00	8.36	1557.82	00h 35m
19	01° 17' 11" N	104° 11' 15" E	261.9°	14	RL	15	50	0	0	Open	0	0	0001-01-04 12:06	GMT +08:00	11.9	1549.46	00h 51m
20	01° 15' 30" N	103° 59' 28" E	246.5°	14	RL	15	50	0	0	Open	0	0	0001-01-04 11:57	GMT +07:00	12.9	1537.56	00h 55m
21	01° 10' 22" N	103° 47' 38" E	236.8°	14	RL	15	50	0	0	Open	0	0	0001-01-04 12:53	GMT +07:00	4.14	1524.66	00h 17m
22	01° 08' 6" N	103° 44' 10" E	304.5°	14	RL	15	50	0	0	Open	0	0	0001-01-04 13:10	GMT +07:00	4.91	1520.52	00h 21m
23	01° 10' 53" N	103° 40' 7" E	272.7°	14	RL	15	50	0	0	Open	0	0	0001-01-04 13:31	GMT +07:00	4.97	1515.6	00h 21m
24	01° 11' 7" N	103° 35' 9" E	287.0°	14	RL	15	50	0	0	Open	0	0	0001-01-04 13:53	GMT +07:00	10.93	1510.63	00h 46m
25	01° 14' 19" N	103° 24' 42" E	312.8°	14	RL	15	50	0	0	Open	0	0	0001-01-04 14:39	GMT +07:00	18.29	1499.71	01h 18m
26	01° 26' 45" N	103° 11' 17" E	310.9°	14	RL	15	50	0	0	Open	0	0	0001-01-04 16:58	GMT +08:00	17.6	1481.42	01h 15m
27	01° 38' 17" N	102° 57' 59" E	292.4°	14	RL	15	50	0	0	Open	0	0	0001-01-04 18:13	GMT +08:00	9.33	1463.82	00h 39m
28	01° 41' 50" N	102° 49' 21" E	294.8°	14	RL	15	50	0	0	Open	0	0	0001-01-04 18:53	GMT +08:00	36.98	1454.49	02h 38m
29	01° 57' 19" N	102° 15' 45" E	309.0°	14	RL	15	50	0	0	Open	0	0	0001-01-04 21:32	GMT +08:00	63.85	1417.51	04h 33m
30	02° 37' 28" N	101° 26' 4" E	295.9°	14	RL	15	50	0	0	Open	0	0	0001-01-05 02:05	GMT +08:00	29.6	1353.66	02h 06m
31	02° 50' 24" N	100° 59' 25" E	312.3°	14	RL	15	50	0	0	Open	0	0	0001-01-05 03:12	GMT +07:00	16.13	1324.06	01h 09m
32	03° 01' 15" N	100° 47' 28" E	320.7°	14	RL	15	50	0	0	Open	0	0	0001-01-05 04:21	GMT +07:00	70.83	1307.93	05h 03m
33	03° 56' 2" N	100° 02' 29" E	325.2°	14	RL	15	50	0	0	Open	0	0	0001-01-05 10:25	GMT +08:00	124.49	1237.1	08h 53m
34	05° 38' 15" N	098° 51' 10" E	331.9°	14	RL	15	50	0	0	Open	0	0	0001-01-05 18:18	GMT +07:00	33.28	1112.61	02h 22m
35	06° 07' 37" N	098° 35' 26" E	331.9°	14	RL	15	50	0	0	Open	0	0	0001-01-05 20:41	GMT +07:00	599.87	1079.33	01d 18h 50m
36	14° 56' 60" N	093° 48' 10" E	331.1°	14	RL	15	50	0	0	Open	0	0	0001-01-07 15:02	GMT +06:30	438.6	479.46	01d 07h 19m
37	21° 44' 10" N	091° 34' 60" E	24.6°	14	RL	15	50	0	0	Open	0	0	0001-01-08 21:52	GMT +06:00	29.39	40.86	02h 05m
38	22° 14' 19" N	091° 48' 10" E	38.6°	14	RL	15	50	0	0	Open	0	0	0001-01-08 23:58	GMT +06:00	3.38	11.47	00h 14m
39	22° 15' 20" N	091° 49' 21" E	295.9°	14	RL	15	50	0	0	Open	0	0	0001-01-09 00:12	GMT +06:00	6.07	8.09	00h 26m
40	22° 17' 11" N	091° 47' 28" E	16.1°	14	RL	15	50	0	0	Open	0	0	0001-01-09 00:38	GMT +06:00	2.02	2.02	00h 08m
41	22° 18' 12" N	091° 48' 20" E		14	RL	15	50	0	0	Open	0	0	0001-01-09 00:47	GMT +06:00	0	0	

Рисунок 2.6 – Маршрутный лист перехода Balikpapan – Chittagong

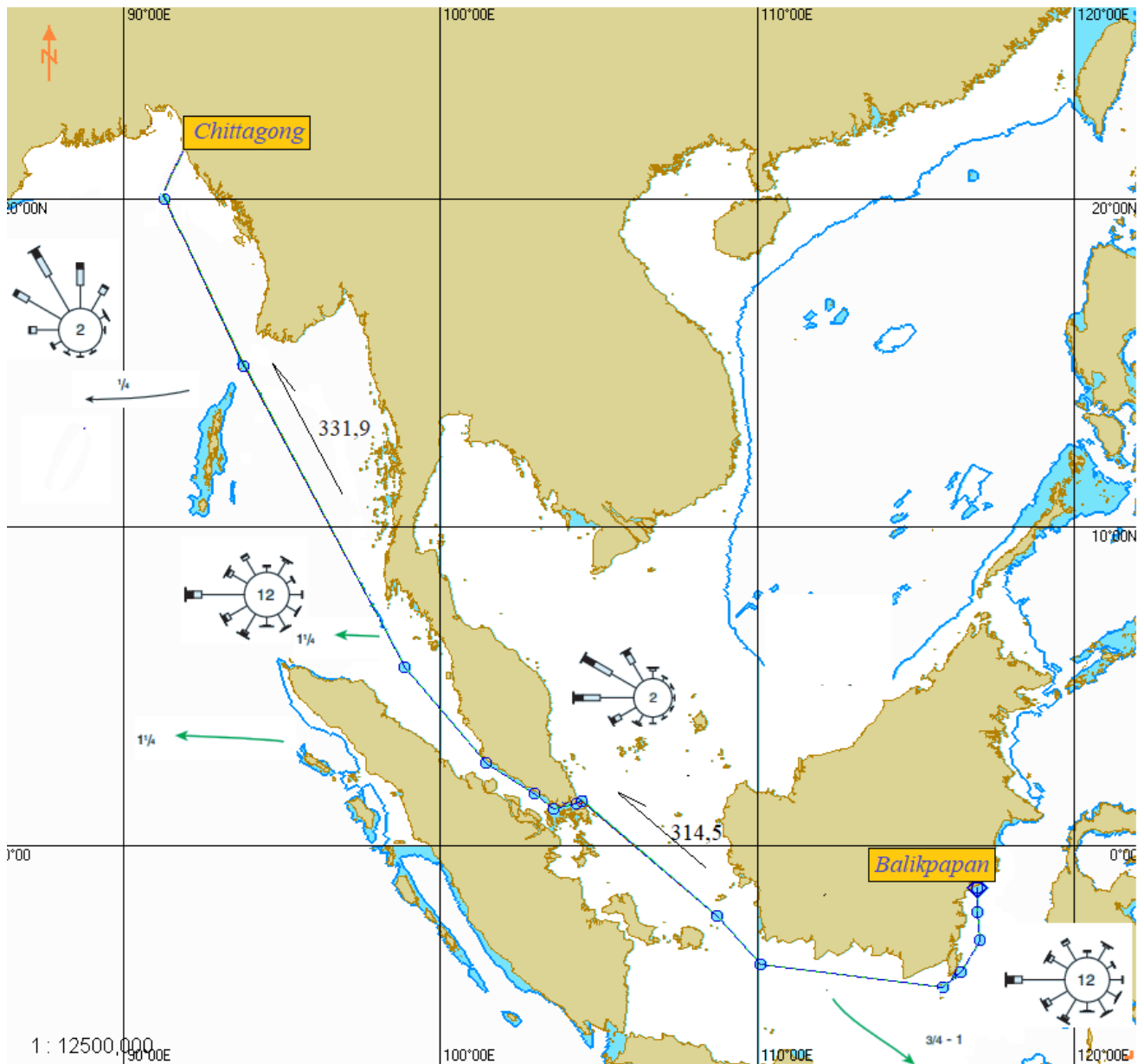


Рисунок 2.7 – Графічний план переходу Balikpapan – Chittagong

2.3.4 Розрахунок природної освітленості

Розрахунки освітленості виконуємо двома послідовними наближеннями:

- за широтою (ϕ) місця судна та датою запланованого плавання виберемо з Nautical Almanac без інтерполяції моменти місцевого середнього часу сходу і заходу Сонця та Місяця;

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

Далі розраховуються по Nautical Almanac моменти явищ ZT, які характеризують освітленість (користуючись для інтерполяції таблицями: «Conversion of ARC to Time» та «Tables for Interpolating Sunrise, Moonrise, etc»). Результати вносимо в таблицю, де наводиться судновий час (ZT).

За широтою місця судна ϕ і схиленню Сонця δ на моменти його сходу і заходу за формулою (2.1) розрахуємо азимути Сонця (Z_N) при сході і заході, які також внесемо до табл. 2.6.

$$\operatorname{tg} Z_N = \sin t / (\operatorname{tg} \delta \cdot \cos \phi - \sin \phi \cdot \cos t). \quad (2.1)$$

Для отримання місцевого часу явища (Correct LMT) треба у табличний час введемо 2 поправки:

$$\text{Correct LMT} = \text{LMT for } \phi + \phi \text{ correction} + \lambda \text{ correction.}$$

Місцевий час явища переводимо у Гринвіцький:

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

Гринвіцький час явища переводимо в судновий:

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

Наведемо розрахунок елементів освітленості на початок, середину та кінець рейс у вигляді табл. 2.8.

Таблиця 2.8 – Елементи освітленості

2025 Date	Twilight ZT	SUN				Twilight ZT	MOON		
		Sunrise ZT	Z_N	Sunset ZT	Z_N		Moonrise ZT	Vis %	Moonset ZT
01 / 01	05 ^h 21 ^m	06 ^h 10 ^m	067°	18 ^h 22 ^m	293°	19 ^h 11 ^m	12 ^h 26 ^m	3	00 ^h 57 ^m
05 / 01	05 ^h 39 ^m	06 ^h 27 ^m	113°	18 ^h 22 ^m	247°	19 ^h 10 ^m	15 ^h 48 ^m	6	03 ^h 59 ^m
09 / 01	05 ^h 48 ^m	06 ^h 40 ^m	114°	17 ^h 32 ^m	246°	18 ^h 24 ^m	17 ^h 43 ^m	10	06 ^h 34 ^m

2.3.5 Розрахунок висот приливів та побудова графіків приливів

В даному підрозділі наведемо у вигляді рисунків час та висоти повної води (HW) і малої води (LW) на дату відходу та дату приходу для портів Balikpapan та Chittagong з використанням суднової програми по приливам.

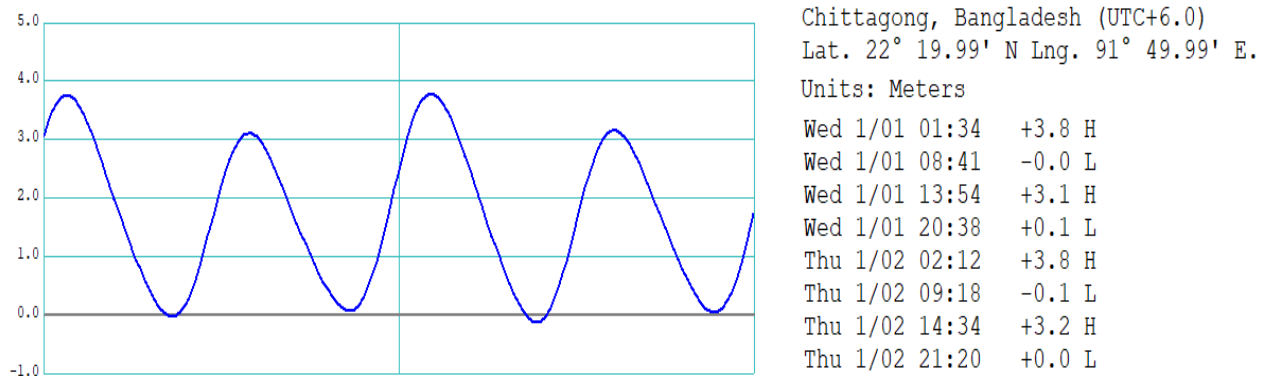


Рисунок 2.8 – Приливні явища в порту Balikpapan

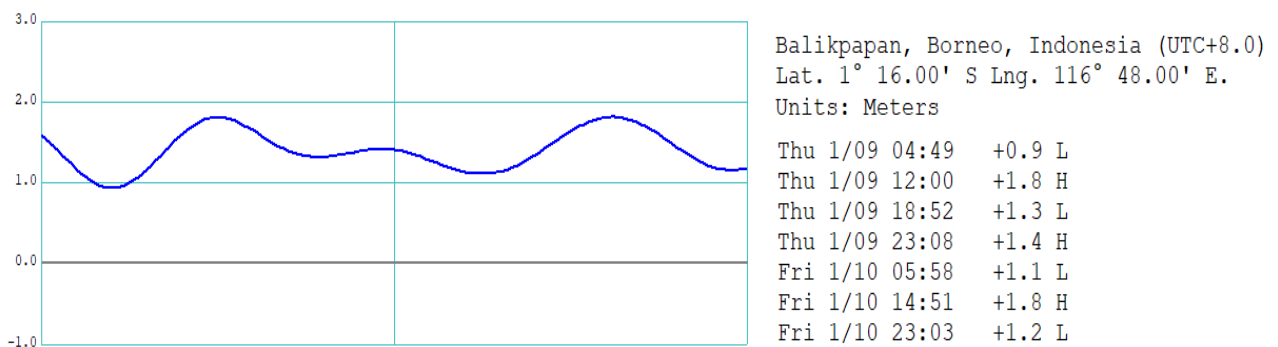


Рисунок 2.9 – Приливні явища в порту Chittagong

2.4 Висновки

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

РОЗДІЛ 3

ОБРОБКА І РОЗМІЩЕННЯ ВАНТАЖІВ

3.1 Транспортні характеристики вантажів

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

Перед навантаженням трюму повинні бути повністю підготовлені відповідним чином.

3.1.1 Навалювальні вантажі

Перевезення навалювальних вантажів регламентується рядом Міжнародних документів:

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

У даному підрозділі наведемо інформацію про транспортні характеристики навалювальних вантажів, а саме – вугілля.

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

До перевезення пред'явлених кам'яне вугілля, кількість якого визначено з умови повного використання вантажопідйомності судна та основних характеристик вантажних приміщень. Вантаж не небезпечний відносно зміщення (кут природного укосу 35-45°).

Вимоги до безпеки судна при перевезенні вугілля наступні: перевозити вугілля можуть всі типи морських суден, а також судна типу «річка-море», яким це дозволено їх конструктивними особливостями; технічний стан трюмів, в яких перевозиться вантаж, повинно виключати проникнення води через них; судну необхідно мати інформацію від остійності, відповідно до якої складається вантажний план.

Вимоги до безпеки вантажного плану і вантажних робіт включають в себе загальні рекомендації ІМО 1990 року та інформацію про остійність. Рекомендується перевозити подібний вантаж тільки в трюмах. Завантаження в трюму повинна проводитися відповідно до типового вантажним планом навантаження судна. Частину вантажу, що була вирівняна наскільки це можливо повинна бути зміщена більш полого до бортів трюму і більш круто до перебірках трюму.

Після навантаження судно не повинно мати крену. Очевидно, що маса вантажу в трюмах і твиндеках не повинна перевищувати гранично допустимих навантажень на відповідні палуби. При навантаженні судна кількість вантажу, висота і форма маси вантажу в кожному трюмі, остійність судна, осадка на краях і на міделі повинні бути відображені в судовому журналі.

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

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

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

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

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

Вантажні приміщення при перевезенні необхідно вентилувати щодня для видалення вибухонебезпечних газів, після чого проводиться контроль газового складу атмосфери трюмів (концентрація метану повинна бути менше 0,75% за обсягом). Контроль газового складу атмосфери вантажних приміщень також повинен проводитися перед відкриттям трюмів, перед входом людей в закриті трюму і щодня при перевищує допустиму концентрацію метану. Вхід в закриті вантажні приміщення дозволяється після попередньої вентиляції на протязі 2-х годин. Заборонено проникати в закриті вантажні приміщення, де зберігатися вугілля, без попереднього визначення концентрації кисню в них. Прийнятний межа вмісту кисню становить 21%. Кожну вахту повинен проводитися контроль температури вантажу у вантажних приміщеннях.

При надмірному підвищенні температури в трюмах виконуються наступні заходи:

- Припинення доступу повітря в трюм;
- Застосування вуглекислотної нейтралізації;
- Перетяжка верхнього шару вантажу і його видалення;

- Піногасіння для локалізації вогнища;
- Водогасіння контактними струменями;
- Затоплення трюму (тільки біля причалу або в закритій акваторії).

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

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

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

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

Таблиця 3.1 – Транспортні характеристики вантажу

Назва вантажів	IMSBC Code			IMDG Code					Норми вантажних робіт, т/добу	
	Група	Питомий навантажувальний об'єм, м ³ /т	Кут природного укосу, °С	Номер ООН	Клас	Знак маркування	Категорія розміщення і обробки	Аварійні дії (аварійна карта)	Порт навантаження	Порт вивантаження
Вугілля	A,B	1,1893	36	1361	4.2		A	F-A, S-J	18000	15000

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

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

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

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

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

Приведення трюмів, у відповідний для даного вантажу стан починається з очищення залишків раніше перевезеного вантажу, видалення сепараційного і прокладочного матеріалів, збирання сміття. Далі підготовка ведеться в залежності від особливостей вантажу, підготовленого до перевезення.

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

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

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

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

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

Особливості підготовки вантажних приміщень до навантаження:

1. Трюми повинні бути сухими й чистими.
2. Виключити потрапляння вантажу в прийомні сітки осушувальної системи.
3. Забезпечити водонепроникність кришок вантажних люків, тамбучин, лазів, вентиляційних отворів.
4. Перевірити баластову систему й пожежні магістралі на предмет відсутності фільтрації води у вантажні приміщення.

До початку вантажних операцій факт готовності вантажних приміщень оформляють актом.

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

Договором морського перевезення вантажів у трамповому судноплавстві є чартер (Charter Party), у лінійному – коносамент (Bill of Lading).

Договір морського перевезення вантажу повинен укладатися в письмовій формі.

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

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

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

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

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

Коносамент – один з головних інструментів в операціях, зв'язаних з використанням морських суден. З юридичної сторони коносамент являє собою:

1. Розписку перевізника про приймання вантажу зазначеного роду, у зазначеній кількості і стані;
2. Доказ договору перевезення;
3. Товаророзпорядчий документ, що дозволяє його власникові розпоряджатися вантажем.

В іноземному праві вказується, що для видачі коносаменту потрібно, насамперед, фактичне вручення вантажу перевізникові, передача йому фізичного володіння вантажем і контроль над ним.

Видача коносаменту допускається тільки після приймання вантажу до перевезення. Він видається один раз для перевезення даної партії вантажу. Вторинна видача коносаменту по тому самому вантажу припустима тільки за умови повернення перевізникові раніше виданих відправникові екземплярів. Недотримання цього правила приводить до майнової відповідальності перевізника.

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

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

Штурманська розписка є посвідченням судновласника в прийнятті товару до перевезення. Випишує цей документ помічник капітана в підтвердження одержання конкретної партії на борт судна. Розписка описує видимий стан товарів і дозволяє перевізникові видати коносамент. У ній відображаються результати перевірки, проведеної контролерами судновласника при прийомі товару для навантаження або під час навантаження. Це не товаророзпорядчий документ. На прохання відправника він може бути замінений коносаментом.

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

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

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

Морська накладна (лінійна накладна, океанська накладна) – документ, що підтверджує наявність договору перевезення вантажу морським шляхом і прийняття або навантаження вантажу перевізником і по якому перевізник зобов'язується доставити вантаж вантажоодержувачеві, зазначеному в документі. Накладна не являється ні оборотним, ні товаророзпорядчим документом, вантаж видається зазначеному в ній вантажоодержувачеві. До накладної додаються необхідні товаросупроводжувальні документи.

Комерційний акт – документ, складений перевізником, або його представником, що засвідчує факт нестачі, псування або ушкодження вантажу при його видачі одержувачеві в пункті призначення. Він фіксує розмір,

характер і причини несхоронності вантажу і є підставою для покладання за неї матеріальної відповідальності на перевізника.

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

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

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

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

Класичним способом остаточного документального підтвердження видачі судном вантажу одержувачеві є розписка останнього на оригіналі коносамента або хоча б на капітанській копії коносамента. Або видається капітанові особливий документ - Autturn report, або сертифікат. Ця розписка незалежно від найменування і форми повинна констатувати результати здачі вантажу судном роздільно по кожній коносаментній партії.

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

3.3 Розрахунок чистої вантажопідйомності судна

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

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

Перехід Balikpapan – Chittagong – зона дії тропічної вантажної марки без обмежень по осадці.

За розрахункову водотоннажність приймаємо, встановлену для зони дії тропічної вантажної марки.

Повна водотоннажність для тропічної вантажної марки (з ТЕХ судна):

$$\Delta_p = 67388 \text{ т.}$$

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

$$\Delta_w = \Delta_p - \Delta_o,$$

де: Δ_o – водотоннажність порожнього судна, т.

$$\Delta_w = 67388 - 10110 = 57278 \text{ т.}$$

Ходовий час визначається за формулою:

$$t_p = S / (V \cdot 24) + t_{\text{зп}} = 2615,03 / (15 \cdot 24) + 0,5 = 7,78 \text{ доби.}$$

де: V – швидкість судна;

S – протяжність траси переходу, милі;

$t_{\text{зп}}$ – час затримки судна в дорозі, діб.

Нормативна тривалість стоянкового часу розраховується за формулою:

$$t_{\text{ст}} = \sum Q_i / M = 46200 / 15000 = 3,1 \text{ доби.}$$

де: Q_i – маса вантажу одного найменування, т;

M – валова норма вантажних робіт, т/добу.

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

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

Кількість ходових запасів складає суму:

$$P_{\text{зап}}^x = P_{\text{п}}^x + P_{\text{в}}^x + P_{\text{м}}^x = 323,4 + 53,9 + 2,2 = 379,5 \text{ т.}$$

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

$$P_{\text{п}}^x = q_{\text{п}}^x \cdot (t_{\text{х}} + t_{\text{шт}}) = 30,0 \cdot (7,78 + 3) = 323,4 \text{ т.}$$

$$P_{\text{в}}^x = q_{\text{в}}^x \cdot (t_{\text{х}} + t_{\text{шт}}) = 5,0 \cdot (7,78 + 3) = 53,9 \text{ т.}$$

$$P_{\text{м}}^x = q_{\text{м}}^x \cdot (t_{\text{х}} + t_{\text{шт}}) = 0,2 \cdot (7,78 + 3) = 2,2 \text{ т.}$$

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

Штормовий час визначається за допомогою Системи управління безпекою (СУБ) Компанії та становить ≈ 3 доби.

Аналогічно знаходять кількість стоянкових запасів:

$$P_{\text{зап}}^{\text{ст}} = P_{\text{п}}^{\text{ст}} + P_{\text{в}}^{\text{ст}} + P_{\text{м}}^{\text{ст}} = 9,3 + 15,5 + 0,1 = 24,9 \text{ т.}$$

$$P_{\text{п}}^{\text{ст}} = q_{\text{п}}^{\text{ст}} \cdot t_{\text{ст}} = 3,0 \cdot 3,1 = 9,3 \text{ т.}$$

$$P_{\text{в}}^{\text{ст}} = q_{\text{в}}^{\text{ст}} \cdot t_{\text{ст}} = 5,0 \cdot 3,1 = 15,5 \text{ т.}$$

$$P_{\text{м}}^{\text{ст}} = q_{\text{м}}^{\text{ст}} \cdot t_{\text{ст}} = 0,03 \cdot 3,1 = 0,1 \text{ т.}$$

де: $q_{\text{п}}^{\text{ст}}$, $q_{\text{в}}^{\text{ст}}$, $q_{\text{м}}^{\text{ст}}$ – добова норма витрачання палива, води і масла на стоянці судна відповідно, т/добу.

$$\sum P_{\text{зап}} = 379,5 + 24,9 = 404,4 \text{ т.}$$

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 – 722,6 т.; дизельного палива – 136,5 т.; води – 200,0 т.; мастила – 29,2 т.

$$\Sigma P_{\text{зап}} = 1088,3 \text{ т.}$$

За рейс буде витрачено (HFO) 233,4 т., (FW) 38,9 т., (LO) 1,6 т.

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

$$\Delta_{\text{ч}} = \Delta_{\text{w}} - (P_{\text{зап}} + \text{const});$$

де: const – константа (екіпаж, постачання тощо).

$$\Delta_{\text{ч}} = 57278 - 1088,3 - 217,0 = 55972,7 \text{ т.}$$

Значення чистої вантажопідйомності судна визначає максимальну кількість вантажу, яку судно може взяти до перевезення на даний рейс, тобто:

$$\Delta_{\text{ч}} = \Sigma Q_{\text{заг}}.$$

Відповідно до рейсового завдання (Voyage Order) судно повинне завантажити $Q_{\text{заг}} = 46200$ т. вугілля.

У висновку показуємо, що фактична маса вантажу не перевищує значення чистої вантажопідйомності судна, тобто має виконуватися наступна умова:

$$Q_{\text{заг}} \leq \Delta_{\text{ч}}.$$

$$46200 \text{ т} < 55972,7 \text{ т.}$$

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

Найменування вантажу	Маса вантажу, т Q_i	Питомий вантажний об'єм вантажу, м ³ /т, U_i	Об'єм який займає вантаж м ³ , V_i
Обов'язкові Вугілля	46200	1,1893	54945,6

3.4 Складання вантажного плану

Перевізник несе відповідальність за неправильне розміщення вантажів на судні. Неправильне чи невдале розміщення вантажів, перевантаження окремих відсіків неминуче приводить до перенапруг корпусу, а в окремих випадках до

ушкоджень і навіть аварії судна. Тому судно повинне бути завантажене так, щоб не з'явилося крену, були належний диферент і достатня остійність, не були порушені умови місцевої і загальної міцності. Це досягається відповідним розподілом вагового навантаження по вантажних приміщеннях судна.

Під час перевезення різнорідних вантажів у практиці використовується принцип розподілу вагового навантаження по довжині судна пропорційно кубатурі вантажних приміщень за допомогою коефіцієнта порівняння вантажомісткості кожного вантажного приміщення (K_{ci}):

$$K_{ci} = W_i / W_c,$$

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

W_c – вантажомісткість судна, m^3 ;

i – номер вантажного приміщення.

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 ($Q_{заг}$):

$$Q_i = K_i \cdot Q_{заг}.$$

Розрахунок робимо в табличній формі.

Таблиця 3.3 – Розподіл вагового навантаження по вантажних приміщеннях судна

Найменування вантажного приміщення	Вантажомісткість вантажного приміщення W_i, m^3	Коефіцієнт порівняння, K_{ci}	Допустима максимальна вагова навантаження вантажного приміщення $Q_i, т$
Hold №1	12060,43	0,16736	7732
Hold №2	15706,72	0,21796	10070
Hold №3	14777,22	0,20506	9474
Hold №4	14770,43	0,20497	9470
Hold №5	14747,66	0,20465	9454
РАЗОМ	72062,46	1,0	46200

Комплектація й розміщення вантажів по вантажних приміщеннях проводиться з урахуванням транспортних характеристик вантажів і техніко-експлуатаційних характеристик судна.

Конструкцією судна передбачена можливість нерівномірного завантаження судна за умови забезпечення загальної міцності та завантаження через трюм (трюма 2 і 4 можуть бути порожніми).

3.5 Характеристика експлуатаційних умов рейсу

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

Порт відходу – Balikpapan, Indonesia.

Вантажна марка – тропічна.

Щільність води – $\rho = 1.020 \text{ g/cm}^3$.

Крім перевалки нафти та вугілля, експорт порту включає лісо-продукцію, ротанг та залізний брухт.

Порт доступний – LOA 250 м., Draft 13,05 м.

Прісна вода – є в наявності, подається трубопроводом на всі причали.

Бункеровка – усі сорти паливно-мастильних матеріалів доступні як трубопроводом так і цистерною на всіх причалах.

Державні свята – 1 січня, 18 січня, Страсна п'ятниця, 28 травня, 31 травня, 1 серпня, 2 серпня, 17 серпня, 8 жовтня, 29 жовтня, 25 грудня.

Графік роботи – зазвичай 08:00-22:00. Можливий понаднормовий час.

Порт приходу – Chittagong, Bangladesh.

Щільність води – $\rho = 1.015 \text{ g/cm}^3$.

Вантажна марка – тропічна.

Вантажі, які обробляються в порту включають цемент, пшеницю, вугілля, джут та заморожені креветки.

Прісна вода – є в наявності але може постачатися лише баржами.

Бункерування – мазут може бути організований в обмежених кількостях, якщо повідомити про це за 48 годин.

Державні свята – Джаматул Віда (23 січня), Лейлатул Кудар (27 січня), Ід-уль-Фітр (29-31 січня), День Шахіда (21 лютого), День незалежності (26 березня), Ід-уль-Ажа (квітень 7, 8 і 9), Бенгальський Новий рік (14 квітня), Перше травня (1 травня), Ашура (Мохаррам), (7 травня), Буддху Пурніма (10 травня), Ід-е-Міладуннабі (7 липня), Національний день жалоби (15 серпня), Дурга Пуджа (Дашамі) (12 вересня), Шаб-е-Барат (7 грудня), День Вікторії (16 грудня), Різдво (25 грудня).

Графік роботи – цілодобово.

Відстань між портами – $S = 2615,03$ милі.

Час виконання рейсу – січень.

РОЗДІЛ 4

ОЦІНКА МОРЕХІДНИХ ЯКОСТЕЙ СУДНА

У цьому розділі магістерської роботи проведемо оцінку морехідних якостей судна: розрахунок водотоннажності й координат центра ваги судна, розрахунки посадки і початкової остійності, контроль остійності за матеріалами Інформації, розрахунок і побудову діаграм остійності, розрахунки нормованих параметрів остійності, перевірку виконання рекомендованих ІМО критеріїв остійності, перевірку загальної подовжньої міцності корпусу судна «Crowned Eagle» / ІМО № 9418729.

4.1 Розрахунок водотоннажності й координат центра ваги судна

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

Таблиця 4.1 – Розподіл запасів на відхід

Найменування цистерн	Місткі- сть, т	Маса, т	Плечі, м		Моменти, тм	
			x	z	M _x	M _z
1	2	3	4	5	6	7
HFO – $\rho = 0,950 \text{ т/м}^3$						
NO.1 F.O.T. (P)	185,52	160,5	-7,98	0,84	-1281	135
NO.1 F.O.T. (S)	191,28	170,4	-7,35	0,84	-1252	143
NO.3 F.O.T. (P)	235,42	180,0	50,05	0,84	9009	151
NO.3 F.O.T. (S)	235,42	180,0	50,05	0,84	9009	151
HFO SERV. (S)	16,04	15,8	73,98	12,29	1169	194
HFO SETT. (S)	16,16	15,9	72,31	12,04	1150	191
Всього HFO		722,6	24,64	1,34	17804	965

Продовження таблиці 4.1

1	2	3	4	5	6	7
DO – $\rho = 0,900 \text{ т/м}^3$						
D.O. SERV.T. (S)	14,54	12,3	70,10	14,62	862	180
D.O. SERV.T. (P)	14,54	11,8	70,09	14,62	827	173
D.O.T. (P)	85,67	55,6	69,58	13,63	3869	758
D.O.T. (S)	85,67	56,8	69,58	13,63	3952	774
Всього DO		136,5	69,67	13,81	9510	1885
LO – $\rho = 0,920 \text{ т/м}^3$						
MAIN L.O. SUMP.T.(C)	14,21	7,4	74,37	1,03	550	8
M.L. SETT. (S)	11,84	5,4	77,29	15,38	417	83
M.L. STOR (S)	11,84	5,8	78,96	15,38	458	89
NO.1 CYL.O.STOR.T(S)	17,90	8,5	81,05	15,36	689	131
NO.2 CYL.O.STOR.T(S)	6,06	2,1	82,71	15,33	174	32
Всього LO		29,2	78,36	11,75	2288	343
FW – $\rho = 1,000 \text{ т/м}^3$						
F.W.T. (P)	155,75	100,0	88,32	15,93	8832	1593
D.W.T. (S)	155,79	100,0	88,32	15,93	8832	1593
Всього FW		200,0	88,32	15,93	17664	3186
Σ ЗАПАСІВ		1088,3	43,43	5,86	47266	6379

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
HFO – $\rho = 0,950 \text{ т/м}^3$						
NO.1 F.O.T. (P)	185,52	100,5	-7,98	0,84	-802	84
NO.1 F.O.T. (S)	191,28	109,0	-7,35	0,84	-801	92
NO.3 F.O.T. (P)	235,42	124,0	50,05	0,84	6206	104
NO.3 F.O.T. (S)	235,42	124,0	50,05	0,84	6206	104
HFO SERV. (S)	16,04	15,8	73,98	12,29	1169	194

Продовження таблиці 4.2

1	2	3	4	5	6	7
HFO SETT. (S)	16,16	15,9	72,31	12,04	1150	191
Всього HFO		489,2	26,84	1,57	13128	769
DO – $\rho = 0,900 \text{ т/м}^3$						
D.O. SERV.T. (S)	14,54	12,3	70,10	14,62	862	180
D.O. SERV.T. (P)	14,54	11,8	70,09	14,62	827	173
D.O.T. (P)	85,67	55,6	69,58	13,63	3869	758
D.O.T. (S)	85,67	56,8	69,58	13,63	3952	774
Всього DO		136,5	69,67	13,81	9510	1885
LO – $\rho = 0,920 \text{ т/м}^3$						
MAIN L.O. SUMP.T.(C)	14,21	7,4	74,37	1,03	550	8
M.L. SETT. (S)	11,84	5,4	77,29	15,38	417	83
M.L. STOR. (S)	11,84	5,2	78,96	15,38	411	80
NO.1 CYL.O.STOR.T(S)	17,90	7,5	81,05	15,36	608	115
NO.2 CYL.O.STOR.T(S)	6,06	2,1	82,71	15,33	174	32
Всього LO		27,6	78,26	11,52	2160	318
FW – $\rho = 1,000 \text{ т/м}^3$						
F.W.T. (P)	155,75	80,0	88,32	15,93	7066	1274
D.W.T. (S)	155,79	81,1	88,32	15,93	7163	1292
Всього FW		161,1	88,32	15,93	14229	2566
Σ ЗАПАСІВ		814,4	47,92	6,80	39027	5538

Таблиця 4.3 – Розподіл вантажів

Найменування приміщень	Маса, т	Об'єм, м ³	Плечі, м		Моменти, тм	
			x	z	M _x	M _z
HOLD №1	9000	10703,7	-68,19	9,27	-613710	83430
HOLD №2	9000	10703,7	-39,26	7,46	-353340	67140
HOLD №3	9400	11179,4	-8,27	8,11	-77738	76234
HOLD №4	9000	10703,7	21,75	7,84	195750	70560
HOLD №5	9800	11655,1	51,95	8,63	509110	84574
Σ ВАНТАЖІВ	46200	54945,6	-7,36	8,27	-339928	381938

Оскільки приймається легкий вантаж (з ПВО більшим одиниці) нема необхідності виконувати перевірку місцевої міцності днища.

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

Таблиця 4.4 – Зведені дані і розрахунок водотоннажності на відхід

Найменування статей навантаження	ВІДХІД				
	Маса, т	Плечі, м		Моменти, тм	
		х	z	M_x	M_z
Судно порожнє	10110	6,97	10,64	70467	107570
Константа	217,0	52,81	13,07	11455	2834
Суднові запаси	1088,3	43,43	5,86	47266	6379
Вантаж	46200	-7,36	8,27	-339928	381938
Всього водотоннажність	57615,3	-3,66	8,66	-210740	498721

Таблиця 4.5 – Зведені дані і розрахунок водотоннажності на прихід

Найменування статей навантаження	ПРИХІД				
	Маса, т	Плечі, м		Моменти, тм	
		х	z	M_x	M_z
Судно порожнє	10110	6,97	10,64	70467	107570
Константа	217,0	52,81	13,07	11455	2834
Суднові запаси	814,4	47,92	6,80	39027	5538
Вантаж	46200	-7,36	8,27	-339928	381938
Всього водотоннажність	57341,4	-3,82	8,68	-218979	497880

Схематично вантажний план представлений на Рис. 4.1.

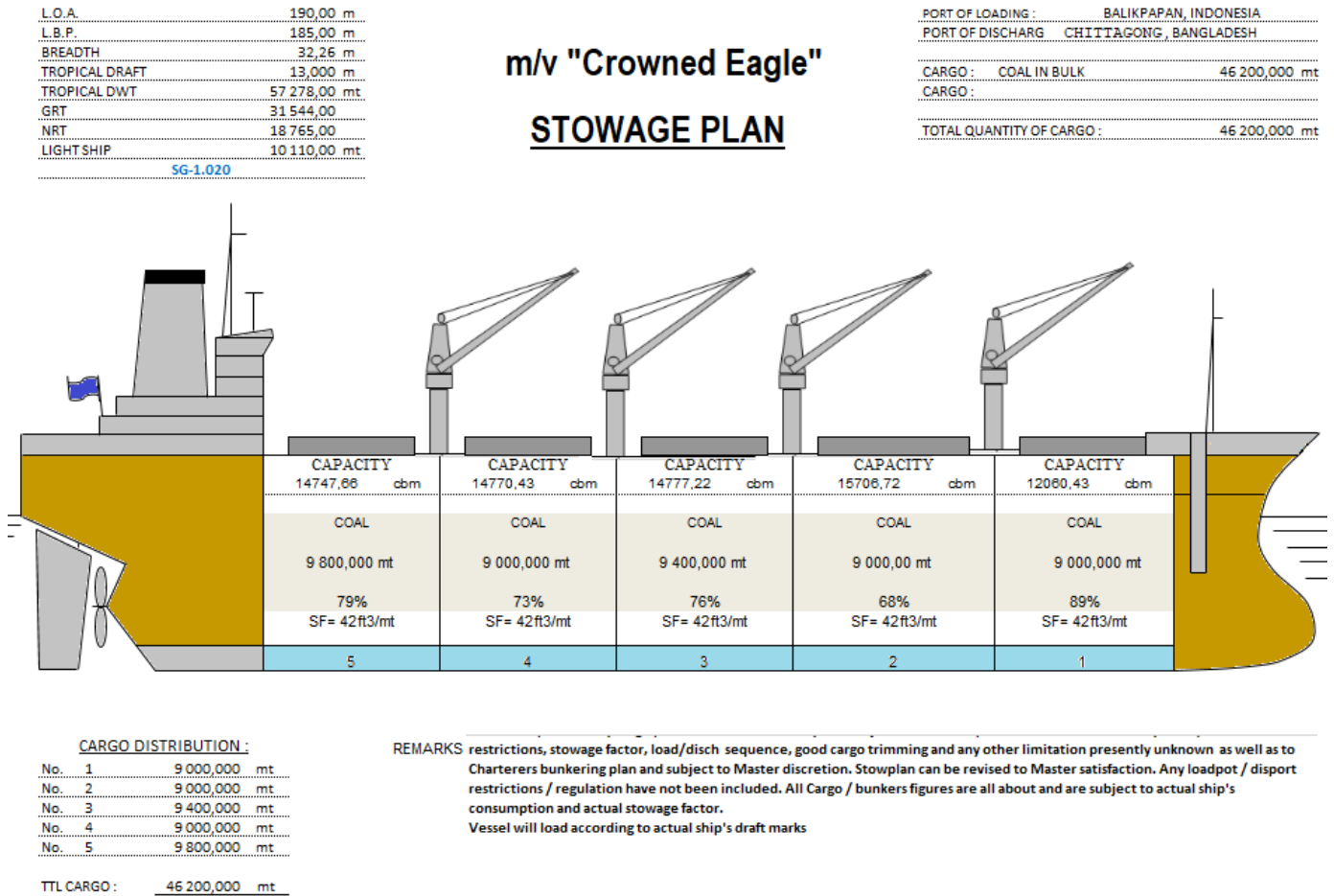


Рисунок 4.1 – Вантажний план судна

4.2 Розрахунок посадки і початкової остійності

Розрахунки посадки судна на відхід на прихід виконується з використанням гідростатичних таблиць.

Таблиця 4.6 – Розрахунки посадки судна на відхід і на прихід

Найменування величин	Позначення і формули	Значення величин	
		ВІДХІД	ПРИХІД
1	2	3	4
Водотоннажність масова, т	D	57615,3	57341,4
Абсциса центра ваги судна, м	x _g	-3,66	-3,82
Водотоннажність об'ємна, м ³	V = D / ρ	56486	56494

Продовження таблиці 4.6

1	2	3	4
Щільність забортової води, т/м ³	ρ	1,020	1,015
Осадка судна, м	T	11,33	11,33
Момент диферентуючий на 1 см, тм/см	M_{cm}	755,8	755,8
Абсциса центра величини судна, м	x_c	-3,84	-3,84
Абсциса Ц.В. площі ватерлінії, м	x_f	2,92	2,92
Апліката поперечного метacentра, м	z_m	13,57	13,57
Коефіцієнт загальної повноти	δ	0,835	0,835
Диферент судна, м	$d = D(x_g - x_c) / (100 M_{cm})$	0,14	0,02
Осадка судна носом, м	$T_n = T - (L/2 - x_f) d / L$	11,26	11,32
Осадка судна кормою, м	$T_k = T_n + d$	11,40	11,34

Для виконання розрахунків та контролю остійності судна необхідно визначити поправки на вплив вільної поверхні рідких вантажів (запасів і баласту) до метacentричної висоти і плечам статичної остійності. При визначенні виправлення на вільні поверхні в розрахунок приймаються цистерни запасів з найбільшим виправленням Δm_h незалежно від ступеня їхнього заповнення.

Поправочні моменти Δm_h вибираються з таблиці даних по судових цистернах, що приводиться в Інформації.

Таблиця 4.7 – Поправки на вплив вільної поверхні рідких вантажів

Найменування цистерн	Δm_h , тм	Найменування цистерн	Δm_h , тм
NO.1 F.O.T. (P)	161	D.O.T. (P)	18
NO.1 F.O.T. (S)	168	D.O.T. (S)	18
NO.3 F.O.T. (P)	786	F.W.T. (P)	57
NO.3 F.O.T. (S)	787	D.W.T. (S)	57
$\Sigma \Delta m_h = 2052$			

Таблиця 4.8 – Розрахунок параметрів початкової остійності

Найменування величин	Позначення і формули	Значення величин	
		ВІДХІД	ПРИХІД
Водотоннажність масова, т	D	57615,3	57341,4
Невиправлена апліката центра ваги судна, м	z_{g0}	8,66	8,68
Апліката поперечного метацентра, м	z_m	13,57	13,57
Невиправлена метацентрична висота, м	$h_0 = z_m - z_{g0}$	4,91	4,89
Виправлення на вільні поверхні, м	$\Delta h = \Sigma \Delta m_h / D$	0,04	0,04
Виправлена апліката центра ваги судна, м	$z_g = z_{g0} + \Delta h$	8,70	8,72
Виправлена метацентрична висота, м	$h = h_0 - \Delta h$	4,87	4,85

4.3 Контроль остійності за матеріалами Інформації

Перевірку остійності за матеріалами Інформації виконаємо по мінімальній допустимій метацентричній висоті.

Таблиця 4.9 – Перевірка остійності по мінімальній допустимій метацентричній висоті

Найменування величин	Позначення і формули	Значення величин	
		ВІДХІД	ПРИХІД
Водотоннажність масова, т	D	57615,3	57341,4
Виправлена метацентрична висота, м	h	4,87	4,85
Мінімально допустима метacentр. висота, м	h_{min}	1,70	1,70

Робимо висновки з результатів перевірки остійності:

– так як $h > h_{min}$ – всі вимоги до остійності **виконані**.

4.4 Розрахунок і побудова діаграм остійності

Плечі остійності форми l_{ϕ} вибираються по водотоннажності для тих кутів крену, які приведені в таблиці плечей остійності форми. Ці плечі відлічуються від точки К, що відповідає кильовій лінії, то плечі остійності ваги необхідно розраховувати по формулі – $l_v = z_g \sin \theta$, а виправлені плечі статичної остійності будуть рівні – $l = l_{\phi} - l_v$.

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

Розрахунок плечей статичної остійності виконаємо в табличній формі.

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

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

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

Таблиця 4.10 – Розрахунок плечей статичної остійності на відхід

Водотоннажність D, т							57615,3	
Апліката центра ваги судна z_{g0} , м							8,66	
Апліката умовного центра мас z_m , м (полюс – точка «O»)							0,00	
Виправлена апліката центра ваги судна, $z_g = z_{g0} + \Delta h$, м							8,70	
$\Delta\theta = 0,1745 \approx 10^\circ/57,3$								
Кут крену θ°	Плече форми, l_ϕ , м	$\sin \theta^\circ$	$z_g \cdot \sin \theta^\circ$	Плече 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	2,373	0,174	1,514	0,859	4	3,436	3	2,577
20	4,781	0,342	2,975	1,806	2	3,612	3	5,418
30	7,108	0,500	4,350	2,758	4	11,032	1	2,758
40	8,853	0,643	5,594	3,259	1	3,259	$\sum_{30}$	10,753
50	9,917	0,766	6,664	3,253	$\sum_{40}$	21,339		
60	10,430	0,866	7,534	2,896	$a_{0-40} = 1,241$		$a_{0-30} = 0,704$	
70	10,504	0,940	8,178	2,326				
					$a_{30-40} = 1,241 - 0,704 = 0,537$			

Таблиця 4.11 – Розрахунок плечей статичної остійності на прихід

Водотоннажність D, т							57341,4	
Апліката центра ваги судна z_{g0} , м							8,68	
Апліката умовного центра мас z_m , м (полюс – точка «O»)							0,00	
Виправлена апліката центра ваги судна, $z_g = z_{g0} + \Delta h$, м							8,72	
$\Delta\theta = 0,1745 \approx 10^\circ/57,3$								
Кут крену θ°	Плече форми, l_ϕ , м	$\sin \theta^\circ$	$z_g \cdot \sin \theta^\circ$	Плече 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	2,373	0,174	1,517	0,856	4	3,424	3	2,568
20	4,781	0,342	2,982	1,799	2	3,598	3	5,397
30	7,108	0,500	4,360	2,748	4	10,992	1	2,748
40	8,853	0,643	5,607	3,246	1	3,246	$\sum_{30}$	10,713
50	9,916	0,766	6,680	3,236	$\sum_{40}$	21,260		
60	10,430	0,866	7,552	2,878	$a_{0-40} = 1,237$		$a_{0-30} = 0,701$	
70	10,504	0,940	8,197	2,307				
					$a_{30-40} = 1,237 - 0,701 = 0,536$			

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

4.5 Розрахунок нормованих параметрів остійності

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

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

Розрахунок нормованих параметрів остійності виконаний у табл. 4.12.

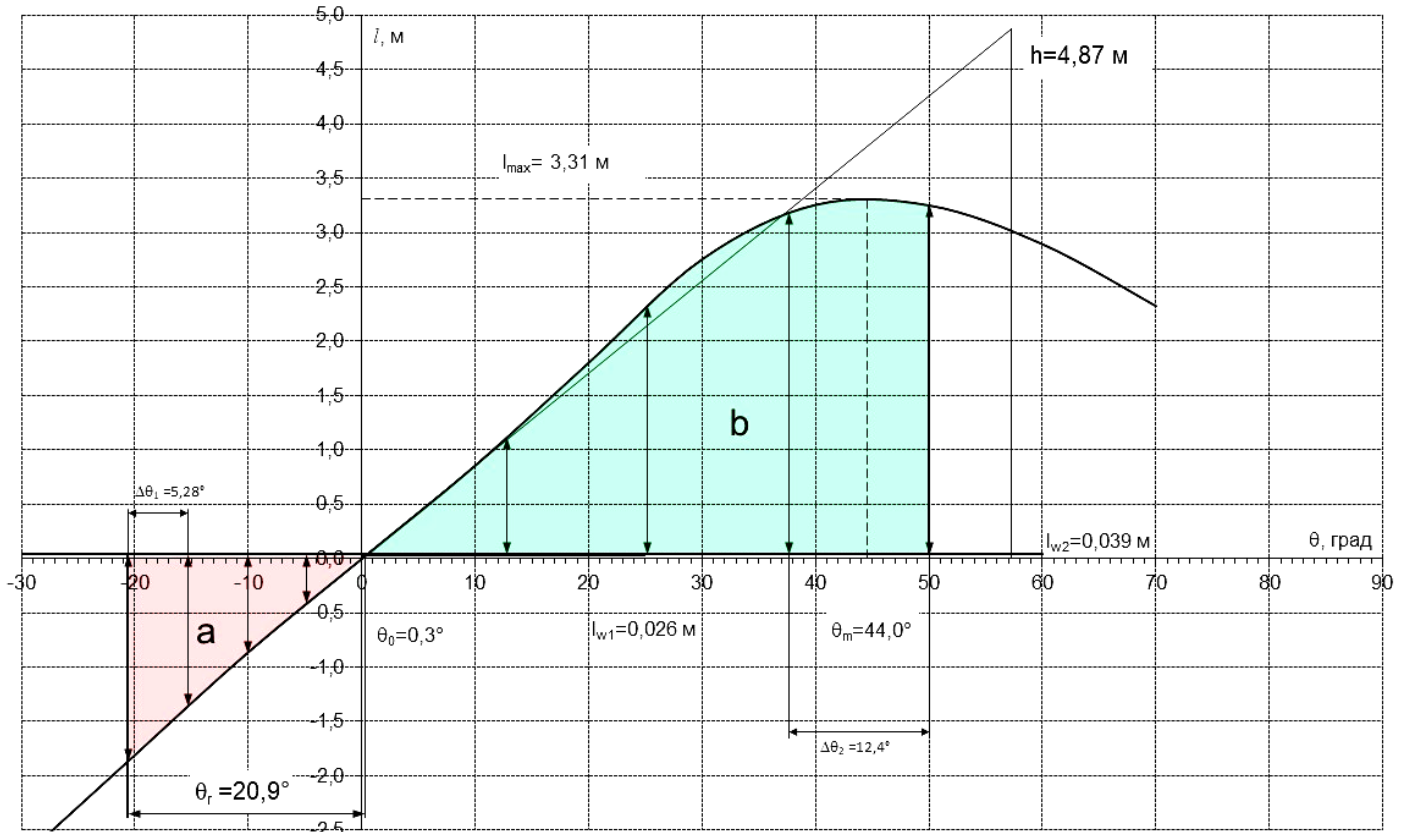


Рисунок 4.2 – ДСО на відхід та визначення критерію погоди

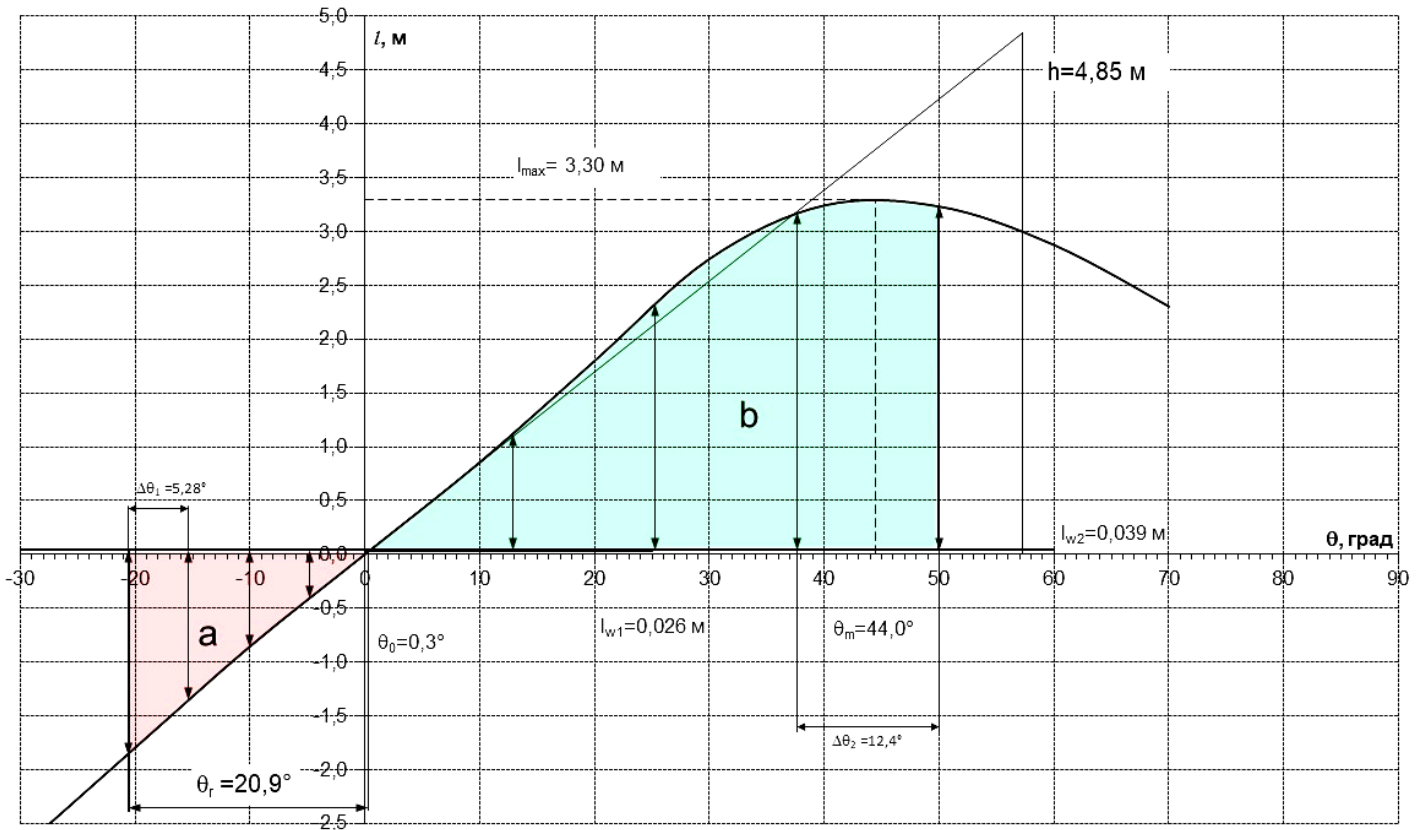


Рисунок 4.3 – ДСО на прихід та визначення критерію погоди

Таблиця 4.12 – Розрахунок нормованих параметрів остійності

Найменування величин	Позначення і формули	Значення величин	
		ВІДХІД	ПРИХІД
1	2	3	4
Водотоннажність масова, т	D	57615,3	57341,4
Осадка судна, м	T	11,33	11,33
Виправлена метацентрична висота, м	h	4,87	4,85
Площа парусності, м ²	A _v	2177	2177
Апліката центра парусності (ЦП), м	z	7,46	7,46
Плече парусності при постійному вітрі, м	$z_v = z + T/2$	13,13	13,13
Плече кренувального моменту від тиску вітру, м	$l_{w1} = 0,504 A_v z_v / (gD)$	0,026	0,026
Кренувальне плече від пориву вітру, м	$l_{w2} = 1,5 l_{w1}$	0,039	0,039
Відносна площа скулових кілей, %	$100 A_k / (L B)$	0,589	
Коефіцієнт	k	0,988	
Відносна ширина	B/T	2,85	2,85
Безрозмірний множник	X ₁	0,920	0,920
Коефіцієнт загальної повноти	δ	0,835	0,835
Безрозмірний множник	X ₂	1,000	1,000
Інерційний коефіцієнт	$c = 0,373 + 0,023B/T - 0,043L/100$	0,359	0,359
Період хитавиці, с	$T_\theta = 2 c B / \sqrt{h}$	10,5	10,5
Коефіцієнт	S	0,0755	0,0755
Коефіцієнт	$r = 0,73 + 0,6(z_g - T)/T$	0,591	0,592
Амплітуда хитавиці, °	$\theta_r = 109 k X_1 X_2 \sqrt{r S}$	20,9	20,9
Кут заливання, °	θ _f	50,2	50,2
Кут входу палуби у воду, °	$\theta_d = \arctg(2(H-T)/B)$	22,8	22,8
Кут крену від постійного вітру, °	θ ₀	0,3	0,3
Кут крену при хитавиці назустріч вітру, °	$\theta_1 = \theta_r - \theta_0$	20,6	20,6

Продовження таблиці 4.12

1	2	3	4
Границя площ. «b» діаграми праворуч, °	θ_b	50,0	50,0
Площа «a» діаграми, м-рад	a	0,341	0,340
Площа «b» діаграми, м-рад	b	1,783	1,778
Критерій погоди	$K = b / a$	5,23	5,23

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

Для розрахунку величини площ «a» та «b» використаємо правило Сімпсона. Для цього площі «a» та «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 $\Delta\theta_1$ та $\Delta\theta_2$ у радіанах.

Таблиця 4.13 – Визначення площ «a» та «b» на відхід за правилом Сімпсона

$\Delta\theta_1 = (\theta_1 + 1,5\theta_0)/4 = (20,6 + 1,5 \cdot 0,3)/4 = 5,28^\circ$ $\Delta\theta_1^{\text{рад}} = 5,28^\circ/57,3 = 0,0921$ рад					
$\Delta\theta_2 = (\theta_b - 1,5\theta_0)/4 = (50 - 1,5 \cdot 0,3)/4 = 12,4^\circ$ $\Delta\theta_2^{\text{рад}} = 12,4^\circ/57,3 = 0,2164$ рад					
a_i	k_i	$a_i \cdot k_i$	b_i	k_i	$b_i \cdot k_i$
$a_1 = 1,90$	1	1,900	$b_1 = 0$	1	0
$a_2 = 1,40$	4	5,600	$b_2 = 1,08$	4	4,320
$a_3 = 0,91$	2	1,820	$b_3 = 2,29$	2	4,580
$a_4 = 0,450$	4	1,800	$b_4 = 3,15$	4	12,600
$a_5 = 0$	1	0	$b_5 = 3,214$	1	3,214
		$\Sigma_a = 11,12$			$\Sigma_b = 24,714$
$a = \frac{1}{3} \Sigma_a \cdot \Delta\theta_1^{\text{рад}} = \frac{1}{3} 11,12 \times 0,0921 = 0,341$			$b = \frac{1}{3} \Sigma_b \cdot \Delta\theta_2^{\text{рад}} = \frac{1}{3} 24,714 \times 0,2164 = 1,783$		

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

$\Delta\theta_1 = (\theta_1 + 1,5\theta_0)/4 = (20,6 + 1,5 \cdot 0,3)/4 = 5,28^\circ$ $\Delta\theta_1^{\text{рад}} = 5,28^\circ/57,3 = 0,0921$ рад					
$\Delta\theta_2 = (\theta_b - 1,5\theta_0)/4 = (50 - 1,5 \cdot 0,3)/4 = 12,4^\circ$ $\Delta\theta_2^{\text{рад}} = 12,4^\circ/57,3 = 0,2164$ рад					
a_i	k_i	$a_i \cdot k_i$	b_i	k_i	$b_i \cdot k_i$
$a_1 = 1,900$	1	1,900	$b_1 = 0$	1	0
$a_2 = 1,395$	4	5,580	$b_2 = 1,08$	4	4,320
$a_3 = 0,905$	2	1,810	$b_3 = 2,29$	2	4,570
$a_4 = 0,450$	4	1,800	$b_4 = 3,15$	4	12,560
$a_5 = 0$	1	0	$b_5 = 3,197$	1	3,197
		$\Sigma_a = 11,09$			$\Sigma_b = 24,647$
$a = \frac{1}{3} \Sigma_a \cdot \Delta\theta_1^{\text{рад}} = \frac{1}{3} 11,09 \times 0,0921 = 0,340$			$b = \frac{1}{3} \Sigma_b \cdot \Delta\theta_2^{\text{рад}} = \frac{1}{3} 24,647 \times 0,2164 = 1,778$		

4.6 Перевірка виконання рекомендованих ІМО критеріїв остійності

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

Таблиця 4.15 – Перевірка виконання рекомендацій ІМО

Найменування величин	Позна- чення	Значення величин			Викон. (YES/NO)
		норма- тивні	ВІДХІД	ПРИХІД	
1	2	3	4	5	6
Загальні вимоги					
Площа під ДСО до кута крену 30°, м·рад	A_{30}	$\geq 0,055$	0,704	0,701	YES
Площа під ДСО до кута крену 40°, м·рад	A_{40}	$\geq 0,09$	1,241	1,237	YES
Площа під ДСО між 30 ° і 40°, м рад	A_{30-40}	$\geq 0,03$	0,537	0,536	YES
Плече ДСО при куті крену 30° або більше, м	l_{30}	$\geq 0,20$	2,758	2,748	YES

Продовження таблиці 4.15

1	2	3	4	5	6
Кут крену, що відповідає максимуму ДСО, °	θ_m	≥ 25	44,5	44,5	YES
Виправлена метацентрична висота, м	h	$> 0,15$	4,87	4,85	YES
Критерій погоди	K	≥ 1	5,23	5,23	YES
Кут крену від постійного вітру, °	θ_0	≤ 16	0,3	0,3	YES

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

4.7 Перевірка загальної подовжньої міцності судна

Загальна міцність контролюється по силах, що перерізують, і згинальним моментам у декількох поперечних перерізах по довжині корпусу.

Для кожного з обраних перерізів необхідно по прийнятому вантажному плану розрахувати силу, що перерізує, і згинальний момент і порівняти їх із припустимими значеннями.

Розрахунок міцності виконаємо використовуючи судову програму схвалену класифікаційним товариством NKK.

Таблиця 4.16 – Перевірка подовжньої міцності на відхід

Frame	X, t	SF,t	SF _{sea} , %	Adm.SF, t	BM, tm	BM _{sea} , %	Adm.BM, tm
1	2	3	4	5	6	7	8
30	24,40	-825	26,2	-3150	10176	22,9	44510
44	37,14	-113	2,4	-4720	4775	5,7	83400
57	48,97	211	3,3	6442	5484	4,8	113730
65	56,25	371	5,8	6442	7542	4,9	155440
81	70,81	282	6,2	4516	12852	8,3	155440
98	86,28	-200	3,6	-5505	13844	8,9	155440
111	98,11	105	3,1	3415	13716	8,8	155440

Продовження таблиці 4.16

1	2	3	4	5	6	7	8
126	111,76	75	1,5	5005	15353	9,9	155440
131	116,31	-6	0,1	-4842	15462	9,9	155440
141	125,41	-162	4,1	-3904	14912	9,6	155440
149	132,69	-389	11,4	-3415	12962	8,8	146960
166	148,16	-1091	16,6	-6565	1662	1,7	99880
184	164,54	23	2,1	1101	-6333	34,6	-18310
196	175,46	762	74,0	1030	-2393	72,5	-3300
Max SF -1091 t (16,6%) – Frame 166; Max BM 15462 tm (9,9%) – Frame 131							

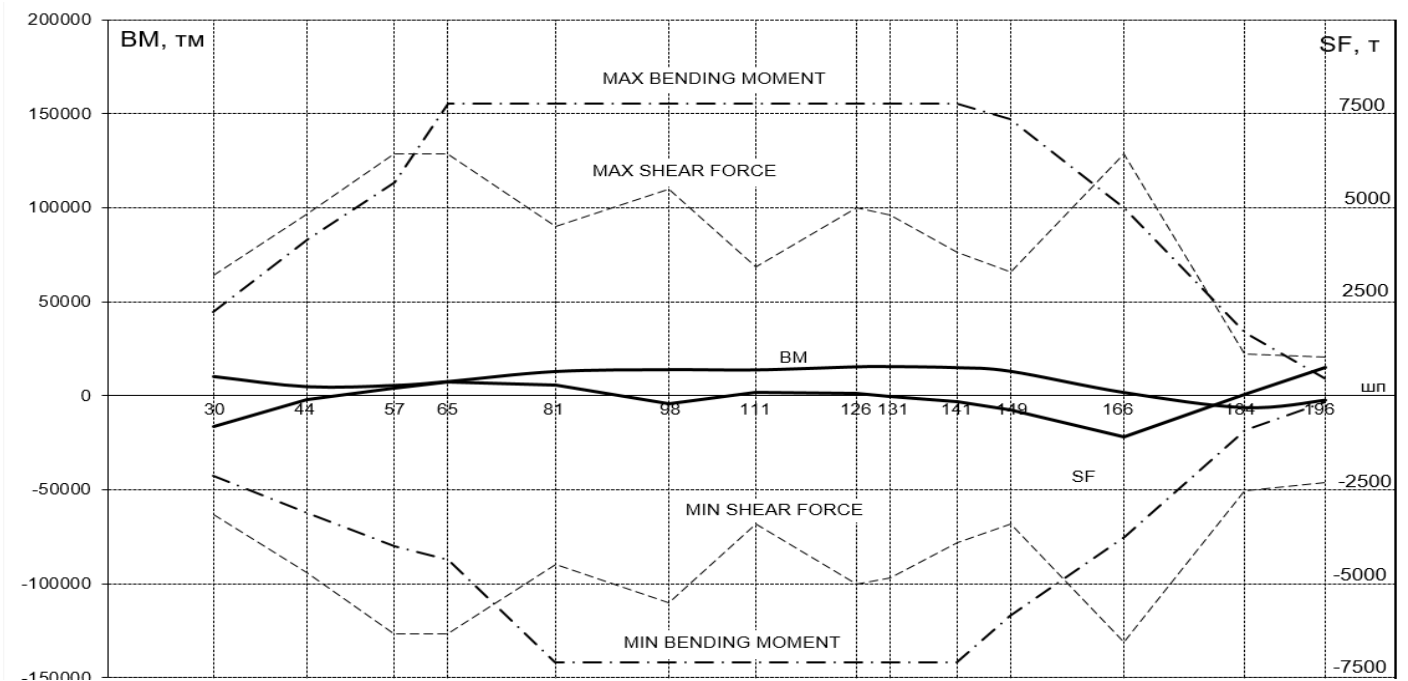


Рисунок 4.4 – Епюра міцності на відхід

За результатами розрахунків, які приведені у таблицях і на рисунку можна зробити висновок, що протягом усього рейсу загальна поздовжня міцність забезпечена.

РОЗДІЛ 5

НОВИЙ ПІДХОД ДО ВИЗНАЧЕННЯ МІСЦЯ СУДНА АСТРОНОМІЧНИМИ СПОСОБАМИ

5.1 Вступ

Методи морехідної астрономії для визначення місця судна по зірках застосовуються тільки в сутінковий проміжок часу, коли і небесні тіла, і горизонт з'являються одночасно. Це означає, що ці методи не можна використовувати вночі, навіть якщо видно зірки. В даному розділі магістерської роботи розглянемо новий підхід, який використовує азимут небесного тіла для отримання рівняння великого кола, що зв'язує спостережуване тіло з положенням судна.

Крім того, новий метод не вимагає наявності горизонту та секстанта, як у традиційних методах морехідної астрономії. Ключовою перевагою, яка відрізняє цей метод від попередніх, є можливість визначення місця судна вночі, коли горизонту не видно.

По-перше, векторне числення застосовано для знаходження математичного рівняння для розташування судна шляхом аналізу зв'язку між положенням судна та азимутом великого кола спостережуваного тіла.

По-друге, система рівнянь для визначення положення судна розширена до стандартної системи, в якій вхідними даними для запропонованої математичної системи є азимут великого кола та координати спостережуваного тіла.

Нарешті, чисельна методика також пропонується для вирішення нелінійної системи для знаходження місця судна. Щоб перевірити придатність запропонованого методу, було проведено чисельний експеримент, і результати показали, що його можна застосовувати на практиці.

5.2 Основні методи морехідної астрономії для визначення місця судна

Основною теорією методів морехідної астрономії є використання вимірювання висоти небесних тіл, пов'язаної з розрахунковим положенням судна, щоб з'ясувати параметри рівняння лінії положення (LOP), після чого система рівнянь для визначення положення судна розв'язується комп'ютерним програмним забезпеченням або нанесенням на діаграму (так званий планшет).

Однак положення судна насправді є перетином двох або більше кіл рівних висот (COP). Через складність обчислення рівнянь COP ряд Тейлора застосовується для спрощення рівняння кіл рівних висот шляхом виключення малих елементів високого порядку з початкового рівняння COP, а потім отримуємо рівняння лінії положення.

Це означає, що позиція судна, отримана за допомогою рівнянь LOP, не така точна, як розрахована за допомогою рівнянь COP. Останнім часом із швидким розвитком інформаційних технологій було запропоновано деякі методи розв'язування рівнянь COP спеціально для визначення положення судна.

У статті [C.L.Chen, T.P Hsu, J.R.Chang. A Novel Approach to Determine the Astronomical Vessel Position. Journal of Marine Science and Technology, (2003)] автори розробили тригонометричну техніку для одночасного розв'язування рівнянь COP з використанням сферичної системи координат.

Відповідно до [R.G. Andres. Vector Solution for the intersection of two circles of equal altitude. The journal of navigation, (2008)] рівняння COP було проаналізовано з використанням декартової системи координат замість сферичної системи координат, а векторне числення було застосовано для формування двох рівнянь COP з трьома невідомими, техніка векторного розширення була запропонована для отримання позиції судна.

У роботі [M.C. Tsou. Genetic algorithm for solving celestial navigation fix problem. Polish Maritime Research, (2012)] використовували генетичний алгоритм, який імітує природний процес біологічної еволюції, для пошуку оптимальної позиції судна в рівняннях LOP.

З іншого боку, в роботі [V.S. Nguyen, N.K. Im. Development of Computer Program for Solving Astronomical Ship Position Based on Circle of Equal Altitude Equation and SVD-Least Square Algorithm. Journal of Navigation and Port Research, (2014)] автори запропонували інше рішення для отримання рівняння СОР за допомогою декартової системи координат, після чого було застосовано математичний метод SVD (Singular Value Decomposition) із застосуванням методу найменших квадратів для визначення положення судна з більшою стабільністю, ніж дозволяє звичайний метод найменших квадратів.

Незважаючи на те, що прямі методи розв'язування рівнянь СОР досягли значного успіху, для введення в рівняння СОР усім методам потрібна висота зірки, яка вимірюється секстантом між зіркою та горизонтом. Це означає, що ці методи застосовуються тільки в сутінковому інтервалі часу, коли і зірки, і горизонт з'являються одночасно. Вночі, коли горизонт тьмяніє, ці методи не можна використовувати.

У цьому розділі магістерської роботи, щоб подолати обмеження та недоліки попередніх методів, пропонується нова ідея фіксувати положення судна, коли видно небесні тіла. Новий метод не вимагає наявності горизонту та секстанта.

По-перше, запропоновано нове математичне рівняння, яке зв'язує положення судна із спостережуваним тілом, та знайдено шляхом аналізу векторного обчислення для азимута великого кола небесного тіла.

По-друге, система рівнянь для позиції судна розширена до стандартної системи, в якій вхідними даними для запропонованої математичної системи є азимут великого кола небесного тіла.

5.3 Використання небесної сфери в декартовій системі координат

Основна концепція морехідної астрономії включає такі елементи небесної сфери, як широта (φ) і довгота (λ) місця судна, а також схилання (δ) і годинний

кут за Грінвічем небесного тіла (ГНА), які розглядаються за допомогою методів сферичної тригонометрії.

У декартовій системі координат радіус небесної сфери вибирається $R = 1$ та $(\vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$ є одиничними векторами. Положення судна та небесного тіла відповідно позначаються $P(X, Y, Z)$ та $C(x_C, y_C, z_C)$.

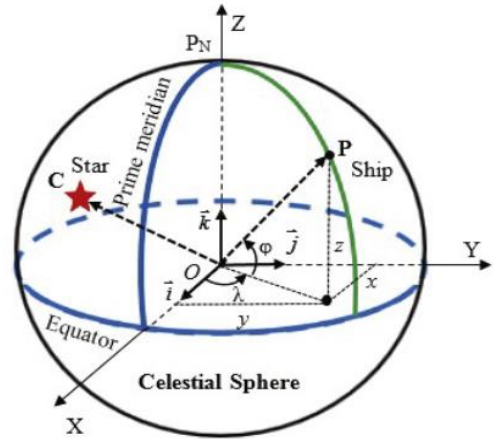


Рисунок 5.1 – Небесна сфера в декартовій системі координат

Формули, наведені в роботі [R.G. Andres. Vector Solution for the intersection of two circles of equal altitude. The journal of navigation, (2008)], використовуються для вираження декартових координат судна та небесного тіла, а також для перетворення цієї системи в іншу. Вектор положення судна на сфері визначається наступним рівнянням:

$$\vec{OP} = X\vec{i} + Y\vec{j} + Z\vec{k}$$

Вектор, який відповідає небесному тілу, має вигляд:

$$\vec{OC} = x_C\vec{i} + y_C\vec{j} + z_C\vec{k}$$

де співвідношення між декартовою координатою та сферичною координатою тієї самої точки представлено як:

$$[X, Y, Z]^T = [\cos\phi\cos\lambda, \cos\phi\sin\lambda, \sin\phi]^T \quad (5.1)$$

$$[x_C, y_C, z_C]^T = [\cos\delta\cos\text{GHA}, \cos\delta\sin\text{GHA}, \sin\delta]^T \quad (5.2)$$

Навпаки, широту та довготу місця судна можна отримати шляхом перетворення декартових координат у сферичні, наприклад, у такому рівнянні замкнутої форми:

$$\begin{cases} \phi = \text{atan}\left(\frac{Z}{\sqrt{X^2 + Y^2}}\right) \\ \lambda = \text{atan}\left(\frac{Y}{X}\right) \end{cases} \quad (5.3)$$

5.3.1 Азимут небесних тіл

Під час спостереження використовуємо компас для вимірювання азимута небесних тіл та отримуємо такі значення ($A_1, A_2, A_3 \dots A_n$), які є дирекційними кутами від Північного полюса до небесних тіл (Рис. 5.2). Як відомо, світло проходить від зірок до очей спостерігача по найкоротшій дузі, тому світлова дуга від очей спостерігача до зірки виглядає як велике коло. У сфері азимутальний кут утворюється двома великими колами, перше – дуга меридіана, що проходить через судно, а інше – велике коло, яке проходить через судно та зірку. У цьому методі велике коло, яке проходить через судно та координати зірки, використовується як коло позиції (COP) для визначення положення судна.

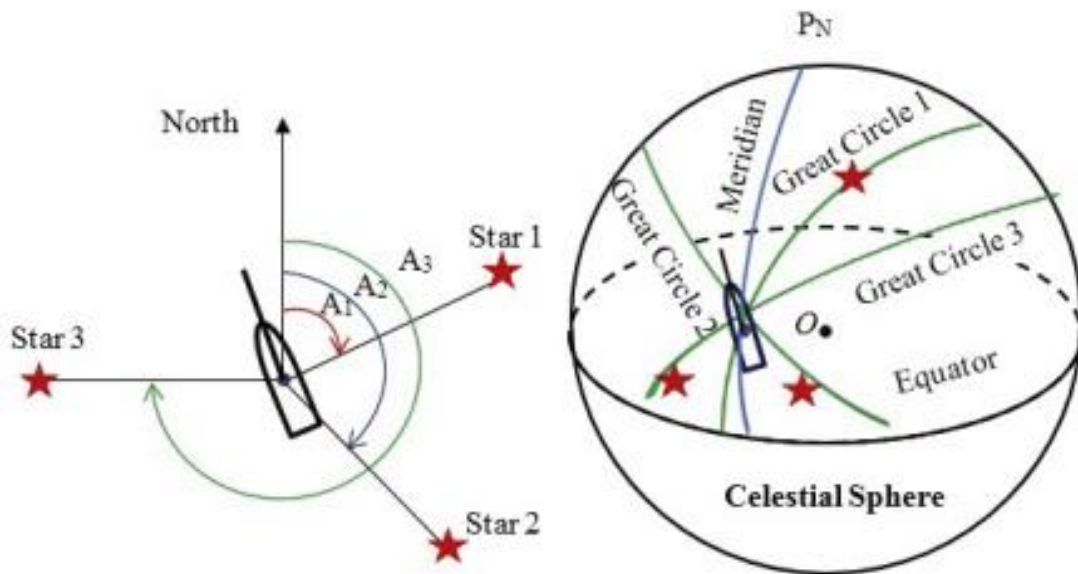


Рисунок 5.2 – Азимут небесних тіл

Математичне рівняння великого кола в декартовій системі координат, запропоноване у роботі [M.A. Earle. Vector Solution for great circles navigation. The journal of navigation, (2005)] для розрахунку найкоротшого маршруту судна, використовується для встановлення круга позиції (COP), який проходить через судно, де штурман спостерігає і азимут зірки і координата зірки на небесній сфері.

Формула азимута небесних тіл побудована за допомогою скалярного добутку двох векторів у численні, вираженого як:

$$\cos A = \left(\frac{\overline{PV_1} \cdot \overline{PV_2}}{|\overline{PV_1}| \cdot |\overline{PV_2}|} \right)$$

де: $\overline{PV_1}, \overline{PV_2}$ є відповідно нормальними векторами площини великого кола та площини меридіана в місці судна (P).

Вектор нормалі великого кола в місці судна визначається перехресним добутком за такою формулою:

$$\overline{PV_1} = \overline{OP} \quad \overline{C} = \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ X & Y & Z \\ x_c & y_c & z_c \end{vmatrix}$$

Розширюючи вищенаведену формулу, ми маємо:

$$\overline{PV_1} = (z_c Y - y_c Z) \vec{i} + (x_c Z - z_c X) \vec{j} + (y_c X - x_c Y) \vec{k}$$

Нормальний вектор початкового меридіана, що вказує на місце судна, визначається наступним чином:

$$\overline{PV_2} = \overline{OP} \quad \overline{k} = \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ X & Y & Z \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

Аналогічно отримана остаточна формула цього вектору:

$$\overline{PV_2} = Y \vec{i} - X \vec{j}$$

Замінюючи рівняння і розгорнувши елементи, формула для спостереження азимута небесного тіла дає наступне:

$$\cos A = \frac{(z_c Y - y_c Z)Y - (x_c Z - z_c X)X}{\sqrt{(X^2 + Y^2) \left[(z_c Y - y_c Z)^2 + (x_c Z - z_c X)^2 + (y_c X - x_c Y)^2 \right]}}$$

Замінивши елемент $(X^2 + Y^2)$ на $(1 - Z^2)$, остаточне математичне рівняння спостережуваного азимута має вигляд:

$$\cos A = \frac{(z_c Y - y_c Z)Y - (x_c Z - z_c X)X}{\sqrt{(1-Z^2) \left[(z_c Y - y_c Z)^2 + (x_c Z - z_c X)^2 \right] + (y_c X - x_c Y)^2}} \quad (5.4)$$

5.4 Визначення місця судна азимутальним методом

Оскільки азимути трьох або більше зірок вимірюються в певний час як $(A_1, A_2, A_3, \dots, A_i)$, рівняння (5.4) використовується для розрахунку місця судна. У даному розділі дипломної роботи ми розглядаємо стан трьох зірок під час спостереження, в інших випадках процедура проводиться аналогічно. Перепишемо рівняння наступним чином:

$$f_i(X, Y, Z) = \left(\frac{(z_{ci} Y - y_{ci} Z)Y - (x_{ci} Z - z_{ci} X)X}{\sqrt{(1-Z^2) \left[(z_{ci} Y - y_{ci} Z)^2 + (x_{ci} Z - z_{ci} X)^2 \right] + (y_{ci} X - x_{ci} Y)^2}} - \cos A_i \right)$$

Система нелінійних рівнянь для визначення положення судна щодо азимута небесних тіл перепишемо у такому вигляді:

$$F(P(k)) = \begin{bmatrix} f_1(X_k, Y_k, Z_k) \\ f_2(X_k, Y_k, Z_k) \\ f_3(X_k, Y_k, Z_k) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (5.5)$$

Місце судна в декартовій системі координат $P(X, Y, Z)$ є оптимальним розв'язком рівняння (5.5), що розв'язується чисельним методом Ньютона-Рафсона. Після цього розв'язок $P(X, Y, Z)$ перетворюється в сферичну систему координат для отримання місця судна $P(\varphi, \lambda)$ із зазначенням широти та довготи.

Ітераційний процес вирішення рівняння (5.5) виконується наступним чином: спочатку обчислюється місце судна $ES(X_E, Y_E, Z_E)$ безпосередньо перед вимірюванням азимутів, які вибираються як вихідне рішення $P(k=0)$ рівняння (5.5); по-друге, вихідний розв'язок вставляється в рівняння, щоб знайти місце

судна на наступній ітерації; нарешті, ітераційні цикли, задані рівнянням виконуються аналогічно, доки $F(P(k)) \cong 0$ або $\|P(k+1) - P(k)\|_2 \leq \varepsilon$, щоб отримати оптимальне положення судна.

$$P(k+1) = P(k) - J^{-1}(P(k))F(P(k)) \quad (5.6)$$

5.4.1 Алгоритм, який використовується в азимутальному методі

1. Вахтовий помічник спостерігає за зірками, які відповідно мають зоряну величину за азимутом $(A_1, A_2, A_3, \dots, A_i)$. Час спостереження зірок використовується для визначення їхніх сферичних координат, а потім декартові координати цих зірок визначаються за допомогою конвертованої формули.

2. Нелінійна система місця судна визначається за допомогою ітераційного методу Ньютона. Окрім основного призначення – визначити місце судна за зірками вночі, цей метод також можна застосовувати для визначення місця судна як за Сонцем вдень, так і за зірками в сутінках.

3. Початкове положення судна $ES(X_E, Y_E, Z_E)$ для нелінійної системи визначається як останнє, яке вахтовий помічник може дізнатися перед обчисленням місця судна під час нового спостереження. Вахтовому помічнику потрібно ввести значення попередньої позиції судна в нелінійну систему.

4. Використовуючи рівняння (5.1 та 5.2), початкове місце судна разом із широтою та довготою перетворюється в одне за допомогою декартової системи координат із (X_E, Y_E, Z_E) . З іншого боку, за рівнянням (5.3), значення (X_E, Y_E, Z_E) також легко перетворюються на (φ_E, λ_E) . Крім того, після отримання розв'язку рівняння (5.5), місце судна в декартовій системі координат (X, Y, Z) перетворюється на місце судна в сферичній системі координат (φ, λ) шляхом застосування рівняння (5.3).

Достовірність цього методу було перевірено у В'єтнамській затоці Тонкін [C.L.Chen, T.P Hsu, J.R.Chang. A Novel Approach to Determine the Astronomical Vessel Position. Journal of Marine Science and Technology, (2003).].

Було проведено чисельний експеримент, де для спостереження було вибрано три зірки, щоб отримати дані про місцезнаходження судна.

Процес розрахунку здійснювався за допомогою Visual Basic 6.0 та похибка між справжньою позицією судна та визначеною склала 2,92 морських миль. Цей результат не є дуже гарним у порівнянні з місцем судна, запропонованим GPS/DGPS, але він кращий, ніж традиційні методи, які зараз використовуються в морехідній астрономії. Зокрема, оскільки цей експеримент із визначення місця судна проводиться вночі, цей метод можна використовувати в цій ситуації. З традиційним способами морехідної астрономії ця робота неможлива.

5.5 Висновки

В даному розділу магістерської роботи ми розглянули запропоновану нову ідею в морехідній астрономії щодо фіксації астрономічної позиції судна, у якій слід застосовувати азимут небесних тіл замість використання традиційної висоти. Завдяки цій зміні запропонований метод може подолати недоліки інших методів, які не можна використовувати вночі.

Завдяки використанню азимута небесних тіл система рівнянь для фіксації місця судна є досить новою в морехідній астрономії, і для рішення застосовується ітераційний метод з математики. Крім того, запропонований метод не вимагає використання секстанта. Після визначення місця судна в декартовій системі координат воно визначається в сферичній системі координат. Експеримент проводився шляхом спостереження за трьома зірками, щоб перевірити ефективність цього підходу. Отримані результати показали, що запропонований метод може бути добре застосований на практиці.

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 проходженні стажування, з довідкових матеріалів кафедри М і ЕМТ НУОМА, прейскурантів, тарифів тощо.

Таблиця 6.1 – Вихідні дані для розрахунку рейсу

№	Найменування показників	Умовні позначення	Одиниця вимірювання	Значення
1	2	3	4	5
Судно «Crowned Eagle» / Bulk Carrier				
Перехід – Balikpapan – Chittagong				
1.	Дедвейт (Load Line Zone – Tropical)	Δ_w	т	57278
2.	Запаси на початок рейсу	$\sum P_{\text{зап}}$	т	1088,3
3.	Відстань між портами	S	миля	2615
4.	Кількість навантаженого вантажу: ВУГІЛЛЯ	$\sum Q_{\text{заг}}$	т	46200
5.	Фрахтова ставка за 1т вантажу	f	\$ / т	12
6.	Норми навантаження вантажу	$M_{\text{ван}}$	т / добу	18000
7.	Норми вивантаження вантажу	$M_{\text{вив}}$	т / добу	15000
8.	Експлуатаційна швидкість	V_e	вузли (екс)	14
9.	Швидкість в каналах та вузкостях	V_k	вузли (кан)	6
10.	Добова витрата палива:			
	на ходу HFO	$q_{\text{п}}^x$	т / добу	30,0
	на стоянці HFO	$q_{\text{п}}^{\text{ст}}$	т / добу	3,0

Продовження таблиці 6.1

1	2	3	4	5
11.	Ціна 1 тони палива: HFO DO	C_{HFO} C_{DO}	\$ / т \$ / т	450 580
12.	Балансова вартість судна	$C_{бал}$	\$	12998118
13.	Річна норма амортизації	H_a	%	10
14.	Поза-експлуатаційний час	$T_{зе}$	доба	15
15.	Чисельність екіпажу	$Ч_{ек}$	чоловік	18
16.	Час затримки в дорозі	$t_{зп}$	доба	0,5
17.	Додатковий час в портах стоянки	$t_{дод}$	година	—
18.	Заробітна платня	$R_{зп}$	\$ / добу	2100
19.	Витрати на технічне постачання	$R_{т.пост}$	\$ / добу	250
20.	Навігаційні витрати	$R_{нав}$	\$ / добу	200
21.	Портові збори	$R_{порт}$	\$	18760
22.	Агентство суден	$R_{аг}$	\$ / добу	150
23.	Витрати на страхування судна	$R_{стр}$	\$ / добу	250
24.	Витрати на ремонт	$C_{рем}$	\$ / мр.п.	500000
25.	Вартість одного доковання	$C_{док}$	\$	30000

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:

$$\Delta_q = \Delta_w - \sum P_{зап},$$

$$\Delta_q = 56189,7 \text{ т.}$$

2. Розраховуємо експлуатаційний період роботи судна:

$$T_{\text{екс}} = T_{\text{к}} - T_{\text{зе}},$$

де: $T_{\text{к}}$ – календарний період (приймаємо 365 діб),

$$T_{\text{екс}} = 350 \text{ діб.}$$

3. Розраховуємо час рейсу:

– ходовий час:

$$t_{\text{х}} = S / (V_{\text{е}} \cdot 24) + t_{\text{зп}} = 7,78 \approx 7,8 \text{ доби;}$$

– стоянковий час:

$$t_{\text{ст}} = t_{\text{ст}}^{\text{з}} + t_{\text{ст}}^{\text{в}} = (\sum Q_{\text{заг}} / M_{\text{ван}}) + (\sum Q_{\text{заг}} / M_{\text{вив}}) = 5,6 \text{ доби;}$$

– час рейсу складе:

$$t_{\text{р}} = t_{\text{х}} + t_{\text{ст}} = 13,4 \text{ доби.}$$

4. Розрахуємо провізну спроможність судна:

– зроблено тонно-міль за рейс:

$$\sum Q_{\text{заг}} S = 25959465 \text{ тонно-міль / рейс;}$$

– зроблено тоннаже-міль за рейс:

$$\Delta_{\text{ч}} \cdot S = 30267741 \text{ тоннаже-міль / рейс.}$$

5. Розраховуємо доходи судна за рейс:

$$\sum F_{\text{РЕЙС}} = \sum Q_{\text{заг}} \cdot f = 347400 \$ / \text{рейс.}$$

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

– витрати на заробітну плату ($R_{\text{зп}}$) – 2100 \$ / добу;

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

$$R_{\text{хар}} = \text{Ч}_{\text{ек}} \cdot n_{\text{хар}},$$

де: $n_{\text{хар}}$ – норма харчування на одного члена екіпажу – 5-15 \$ / добу;

$$R_{\text{хар}} = 216 \$ / \text{добу;}$$

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

$$R_{\text{рем}} = ((n_{\text{док}} \cdot C_{\text{док}} + C_{\text{рем}}) / t_{\text{мп}}) / T_{\text{екс}},$$

де: $n_{\text{док}}$ – кількість доковань за міжремонтний період;

$t_{\text{мп}}$ – міжремонтний період (5 років).

$$R_{\text{рем}} = 303 \$ / \text{добу;}$$

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

$$R_{ам} = (C_{бал} \cdot H_a / 100) / T_{екс} = 3714 \$ / \text{добу};$$

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

$$R_{сп} = (C_{бал} \cdot H_{сн} / 100) / T_{екс},$$

де: $H_{сн}$ – норма постачання;

$$R_{сп} = 743 \$ / \text{добу};$$

– витрати на технічне постачання ($R_{т.пост}$) – 250 \$ / добу;

– навігаційні витрати ($R_{нав}$) – 200 \$ / добу;

– портові збори ($R_{порт}$) – 18760 \$ / рейс;

– витрати з агентування ($R_{аг}$) – 150 \$ / добу;

– витрати на страхування ($R_{стр}$) – 250 \$ / добу;

– постійні експлуатаційні витрати судна за добу розраховуємо за формулою:

$$R_{екс} = R_{зп} + R_{хар} + R_{рем} + R_{ам} + R_{сп} + R_{т.пост} + R_{нав} + R_{порт}/t_p + R_{аг} + R_{стр} = 10040 \$ / \text{добу}.$$

7. Розраховуємо непрямі (адміністративно-управлінські)

$$R_{кос} = R_{екс} \cdot k_{ад},$$

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

$$R_{кос} = 201 \$ / \text{добу}.$$

8. Знаходимо загальні постійні експлуатаційні витрати судна за добу:

$$R_{заг} = R_{екс} + R_{кос} = 10241 \$ / \text{добу}.$$

9. Знаходимо загальні постійні експлуатаційні витрати судна за рейс:

$$\Sigma R_{заг.екс} = R_{заг} \cdot t_p = 91145 \$ / \text{рейс}.$$

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

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

$$R_x^B = k_{см} \cdot q_p^x \cdot Ц_{НФО},$$

де: $k_{см}$ – коефіцієнт, що враховує витрати на мастильні, обтиральні матеріали, в залежності від двигуна (1,05-1,15).

$$R_x^B = 13860 \$ / \text{добу};$$

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

$$R_{\text{ст}}^B = k_{\text{см}} \cdot q_{\text{п}}^{\text{ст}} \cdot \Pi_{\text{HFO}} = 1485 \text{ \$ / добу};$$

– витрати на паливо і мастильні матеріали витрати за рейс:

$$\Sigma R_{\text{пер}} = (R_{\text{х}}^B \cdot t_{\text{х}}) + (R_{\text{ст}}^B \cdot t_{\text{ст}}) = 54054 \text{ \$ / рейс}.$$

11. Знаходимо загальні витрати судна за рейс:

$$\Sigma R_{\text{РЕЙС}} = \Sigma R_{\text{заг.екс}} + \Sigma R_{\text{пер}} = 145199 \text{ \$ / рейс}.$$

12. Знаходимо прибуток судна за рейс:

$$\Sigma \Pi_{\text{РЕЙС}} = \Sigma F_{\text{РЕЙС}} - \Sigma R_{\text{РЕЙС}} = 202201 \text{ \$ / рейс}.$$

Прибуток судна т/х «Crowned Eagle» з порту Balikpapan (Indonesia) в порт Chittagong (Bangladesh) з вантажем вугілля за рейс склав 202201 \$/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:

$$K_e = T_{\text{екс}} / T_{\text{к}} = 0,959.$$

2. Коефіцієнт завантаження судна:

$$\alpha_z = \Sigma Q_{\text{заг}} / \Delta_{\text{ч}} = 0,858.$$

3. Середньодобова експлуатаційна швидкість:

$$V_{\text{ср}} = S / t_{\text{х}} = 335.$$

4. Коефіцієнт ходового часу:

$$\varepsilon_{\text{х}} = t_{\text{х}} / t_{\text{р}} = 0,371.$$

5. Продуктивність однієї тони вантажопідйомності судна в добу експлуатації:

$$\mu_{\text{в}} = \alpha_z \cdot V_{\text{ср}} \cdot \varepsilon_{\text{х}} = 86,582496.$$

6. Валова прибутковість одних судно-днів:

$$\mu = \Sigma F_{\text{РЕЙС}} / t_{\text{р}} = 39033 \text{ \$ / добу}.$$

7. Собівартість перевезення однієї тони вантажу в рейсі:

$$S_T = \Sigma R_{\text{РЕЙС}} / \Sigma Q_{\text{заг}} = 5,02 \$ / \text{т.}$$

8. Собівартість 1 тонно-милі в рейсі:

$$S_{\text{Т-м}} = \Sigma R_{\text{РЕЙС}} / \Sigma Q_{\text{заг}} \cdot S = 0,0055933 \$ / \text{Т-м.}$$

9. Собівартість утримання судна в добу експлуатації:

$$S_{\text{с-с}} = \Sigma R_{\text{РЕЙС}} / t_p = 16314 \$ / \text{добу экс.}$$

10. Рівень дохідності являє відношення доходів до витрат:

$$PF = \Sigma F_{\text{РЕЙС}} / \Sigma R_{\text{РЕЙС}} = 2,39.$$

При $PF > 1$ рейс прибутковий. Рівень дохідності (Target Yield) – показник розрахунку ефективності виконаного рейсу заснований на аналізі кількісних та якісних показників роботи судна в рейсі.

6.4. Прогнозування роботи судна за експлуатаційний період

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

1. Число рейсів за експлуатаційний період:

$$Ч_p = T_{\text{екс}} / t_p = 39,33.$$

2. Обсяг перевезеного вантажу за експлуатаційний період:

$$\Sigma Q_{\text{екс}} = \Sigma Q_{\text{заг}} \cdot Ч_p = 1138604 \text{ т} / \text{рік.}$$

3. Обсяг транспортної роботи за експлуатаційний період:

$$\Sigma Q_i \cdot S_{\text{екс}} = \Sigma Q_{\text{заг}} \cdot S \cdot Ч_p = 1020985758 \text{ Т-милі} / \text{рік.}$$

4. Дохід за експлуатаційний період:

$$\Sigma F_{\text{екс}} = \Sigma F_{\text{РЕЙС}} \cdot Ч_p = 13663242 \$ / \text{рік.}$$

5. Загальні витрати судна за експлуатаційний період:

$$\Sigma R_{\text{екс}} = \Sigma R_{\text{РЕЙС}} \cdot Ч_p = 5710677 \$ / \text{рік.}$$

6. Прибуток судна за експлуатаційний період:

$$\Sigma \Pi = \Sigma \Pi_{\text{РЕЙС}} \cdot Ч_p = 7952565 \$ / \text{рік.}$$

7. Рівень дохідності роботи судна за експлуатаційний період:

$$\Sigma PF = \Sigma F_{\text{екс}} / \Sigma R_{\text{екс}} = 2,39.$$

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

Таблиця 6.2 – Кількісні і якісні показники виконаного рейсу Balіkrарan – Mongla

№	Найменування показників	Умовні позначення	Одиниця вимірювання	Значення
1.	Валовий дохід	$\Sigma F_{\text{РЕЙС}}$	\$	347400
2.	Затрати загальні	$\Sigma R_{\text{РЕЙС}}$	\$	145199
3.	Прибуток	$\Sigma П_{\text{РЕЙС}}$	\$	202201
4.	Коефіцієнт ходового часу	ε_x	—	0,371
5.	Середньодобова експлуатаційна швидкість	$V_{\text{ср}}$	мілі /добу	335
6.	Дохідність судна	μ	\$ / добу	39033
7.	Рівень дохідності	PF	—	2,39
8.	Собівартість перевезення 1 т вантажу	S_T	\$ / т	5,02
9.	Собівартість 1 т-мілі	S_{T-M}	\$/т-м	0,0055933
10.	Собівартість утримання судна за добу експлуатації	S_{c-c}	\$ / добу	16314

В результаті проведених розрахунків, наведених у табл. 6.2, слід зазначити, що виконаний рейс є **прибутковим**.

Рівень дохідності складає – 2,39, прибуток 202201 \$ за рейс, а за експлуатаційний період прибуток складе 7952565 \$.

Судно «Crowned Eagle» 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)

Судно стоїть під розвантаженням в порту біля причалу 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 сильнодіючою отруйною речовиною (СДОР). Кількість разливу СДОР – 330 т, характер разливу – вільно.

Метеорологічні умови на момент аварії: час доби – день, 11⁰⁰, температура повітря 20°C, 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:

$$Q_{e1} = K_1 \cdot K_3 \cdot K_5 \cdot K_7^1 \cdot Q_0 = 0,18 \cdot 0,04 \cdot 0,23 \cdot 1 \cdot 330 = 0,55 \text{ т.} \quad (7.1)$$

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 $K_7 = 1$);

$Q_0 = 330$ 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:

$$S_p = V_p / h = Q_0 / \rho / h = 4495 \text{ м}^2,$$

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

$Q_0 = 330$ т – кількість аміаку, що розлився при аварії;

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

$h = 0,05$ м – товщина шару сірковуглецю (для характеру 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_n 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) хмарию СДОР при аваріях на технологічних ємностях, сховищах і транспорті визначаємо за допомогою табл. 7.6.

Таблиця 7.6 – Глибина (км) зони зараження

Швидкість вітру, м/с	Еквівалентна кількість СДОР, т								
	0,01	0,05	0,1	0,5	1	3	5	10	20
≤1	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 хмариою 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) хмариою 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_1 (км):

$$\Gamma_1 = \lambda \cdot K_M \cdot \left(\frac{Q_e}{D_1} \right)^\Psi = 3,73 \cdot 0,2 \cdot \left(\frac{2,38}{15} \right)^{0,606} = 0,24 \text{ км},$$

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

$Q_e = Q_{e1} + Q_{e2} = 0,55 + 1,83 = 2,38$ т – загальна еквівалентна кількість СДОР, що перейшла в первинну і вторинну хмару; $D_1 = 15$ 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 $\Gamma_{0,41}$ (км):

$$\Gamma_{0,41} = \lambda \cdot K_M \cdot \left(\frac{Q_e}{D_{0,41}} \right)^\Psi = 3,73 \cdot 0,2 \cdot \left(\frac{2,38}{6} \right)^{0,606} = 0,42 \text{ км},$$

де: $D_{0,41} = 0,4 \cdot D_1 = 0,4 \cdot 15 = 6$ мг.хв/л – значення токсодози, що відповідає 40% летальної токсодози для аміаку.

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

$$\Gamma_{0,2l} = \lambda \cdot K_M \cdot \left(\frac{Q_3}{D_{0,2l}} \right)^\Psi = 3,73 \cdot 0,2 \cdot \left(\frac{2,38}{3} \right)^{0,606} = 0,65 \text{ км},$$

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:

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

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 судна показала, що хмара зараженого повітря досягне межі житлової надбудови судна, де укритися екіпаж, через $1^{\text{год}} 40^{\text{хв}}$. 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 судовим екіпажем службових обов'язків по забезпеченню охорони судна є суднова вахтова служба. Вахтовий помічник капітана є головним судовим вахтовим начальником, який очолює судову 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, відповідальна за охорону судна, підзвітна капітану.

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

ВИСНОВКИ

Метою роботи було комплексне опрацювання та дослідження етапів переходу судна «Crowned Eagle» за маршрутом Balikpapan – Chittagong.

В результаті роботи отримано наступне:

- приведені основні характеристики Bulk Carrier «Crowned Eagle»: основні відомості про судно, транспортно-експлуатаційні характеристики судна та його маневрені характеристики, навігаційне обладнання та забезпечення непотоплюваності;
- проведено аналіз та планування навігаційного переходу, виконані навігаційні розрахунки для забезпечення безпеки плавання;
- на основі транспортних характеристик та фізико-хімічні властивостей вантажу, складено оптимальний вантажний план;
- проведена оцінка морехідних якостей судна, побудовані діаграми статичної остійності на відхід та прихід, епюра сил, що перерізують, та згинальних моментів;
- виконано огляд проблеми «Новий підхід до визначення місця судна астрономічними способами». Методи морехідної астрономії для визначення місця судна по зірках застосовуються тільки в сутінковий проміжок часу, коли і небесні тіла, і горизонт з'являються одночасно. Це означає, що ці методи не можна використовувати вночі, навіть якщо видно зірки. Розглянута в магістерській роботі нова ідея в морехідній астрономії, щодо фіксації астрономічної позиції судна, у якій слід застосовувати азимут небесних тіл замість використання традиційної висоти. Завдяки цій зміні запропонований метод може подолати недоліки інших методів, які не можна використовувати вночі.
- виконано розрахунок економічних показників роботи судна в рейсі;
- розглянуто питання прогнозування наслідків надзвичайної ситуації на об'єкті морського транспорту, засоби по захисту екіпажу від терористичних та піратських дій, що стало дуже актуально в останні часи.

Підводячи підсумок, можна сказати, що даний рейс був ретельно опрацьовано, є безпечним та економічно вигідним.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1]. Ворохобін І.І. та ін. Методичні вказівки для виконання магістерської роботи. – Одеса: НУОМА, 2023 – 96 с.
- [2]. Trim & Stability Booklet – Bulk Carrier «Crowned Eagle».
- [3]. Міжнародна Конвенція з охорони людського життя на морі (SOLAS-74), 2014.
- [4]. Міжнародна Конвенція та кодекс про підготовку і дипломування моряків та несення вахти (STCW-78 з 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). – Одеса: ЮжНІІМФ, 1998.
- [7]. Bridge Team Management, 2004.
- [8]. Bridge Procedures Guide, 2016.
- [9]. Bowditch N. American Practical Navigator. USA, 2002.
- [10]. NP 131. Catalogue of Admiralty Charts and Publication, 2025.
- [11]. ASD e-NP 34. Indonesia Pilot Vol. II.
- [12]. ASD e-NP 36. Indonesia Pilot Vol I.
- [13]. ASD e-NP 44. Malacca Strait And West Coast Of Sumatera Pilot.
- [14]. ASD e-NP 21. Bay of Bengal Pilot.
- [15]. ADRS 1. Maritime Radio Stations.
- [16]. ADRS 2. Radio Position Fixing Systems and Time Signals.
- [17]. ADRS 3. Maritime Safety Information Services.
- [18]. ADRS 4. Meteorological Observation Stations.
- [19]. ADRS 5. Global Maritime Distress & Safety.
- [20]. ADRS 6. Port Services, VTS & Port Ops.
- [21]. NP 136. Admiralty Ocean Passages for the World, 2014.
- [22]. Дмитрієв В.И., Григорян В.Л., Катенін В.А. Навігація і лоція. – Академ-книга, 2004.
- [23]. Єрмолаєв Г.Г. Морська лоція, 4^е вид. – Транспорт, 1982.

- [24]. Красавцев Б.И. Морехідна астрономія, 3^є вид. – Транспорт, 1986.
- [25]. Сіняєв В.А., Мельничук М.П., Чирков В.П. Практична Морехідна астрономія. – Одеса: Діол-Принт, 2009.
- [26]. NP 314. The Nautical Almanac, 2025.
- [27]. NP 100. The Mariner's Handbook, 2019.
- [28]. NP 5011. Symbols and Abbreviations Used on Admiralty charts, 2020.
- [29]. Алексішин В.Г., Козир Л.А., Симоненко С.В. Забезпечення навігаційної безпеки плавання. – Одеса: Фенікс, 2009.
- [30]. Ніколаєва Л.Л. Комерційна експлуатація судна. – Одеса: Фенікс, 2006.
- [31]. Савчук В.Д. Технологія перевезення вантажів. – Одеса: Видав Інформ, 2008.
- [32]. International Convention for the Prevention of Pollution from Ships (MARPOL-73/78), 2017.
- [33]. International Maritime Dangerous Goods Code (IMDG Code), 2016.
- [34]. International Maritime Solid Bulk Cargoes Code (IMSBC Code), 2018.
- [35]. Code of Practice for the Safe Loading and Unloading of Bulk (BLU Code), 2011.
- [36]. Thomas Stowage: The Properties and Stowage of Cargoes, 2018.
- [37]. Adoption of the International Code on Intact Stability (2008 IS Code), Resolution MSC.267(85), 2008.
- [38]. Сізов В.Г. Теорія корабля, 4^є вид. – Одеса: Фенікс, 2008.
- [39]. C.L.Chen, T.P Hsu, J.R.Chang. A Novel Approach to Determine the Astronomical Vessel Position. Journal of Marine Science and Technology, (2003).
- [40]. R.G. Andres. Vector Solution for the intersection of two circles of equal altitude. The journal of navigation, 2008.
- [41]. M.C. Tsou. Genetic algorithm for solving celestial navigation fix problem. Polish Maritime Research, 2012.
- [42]. V.S. Nguyen, N.K. Im. Development of Computer Program for Solving Astronomical Ship Position Based on Circle of Equal Altitude Equation and SVD-Least Square Algorithm. Journal of Navigation and Port Research, 2014.
- [43]. M.A. Earle. Vector Solution for great circles navigation. The journal of navigation, 2005.
- [44]. Максимаджи А.И. Капітану про міцність судна. – Суднобудування, 1988.

- [45]. Вінников В.В. Економіка підприємства морського транспорту – Одеса: Фенікс, 2011.
- [46]. 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.
- [47]. Сотниченко Л.Л., Бабаченко М.В. Економіка водного транспорту: методичні вказівки розрахункової роботи – Одеса: НУОМА, 2017.
- [48]. Торський В.Г., Топалов В.П. Конвенція СОЛАС-74. Короткий огляд – Одеса: ОНМА, 2009.
- [49]. Долгих С.М. 100 питань та відповідей з МАРПОЛ 73/78 – Одеса, 2006.
- [50]. Терновський В.Б. Методичні вказівки по виконанню розділу дипломної роботи «Охоронні заходи і цивільна оборона на судні» – Одеса: ОНМА, 2015.
- [51]. <https://imo.org> – офіційний сайт ІМО.
- [52]. <https://www.admiralty.co.uk/ukho> – офіційний сайт УКНО.
- [53]. <http://www.onma.edu.ua/systema-dystantsijnogo-dostupu-do-navch> – система дистанційного доступу до навчальних матеріалів НУОМА.