

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

Кафедра СУДНОВОДІННЯ

ДИПЛОМНА РОБОТА МАГІСТРАНТА

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

СОЛУЯНОВ МИХАЙЛО АНАТОЛІЙОВИЧ

(прізвище, ім'я по-батькові)

Тема роботи: Комплексне опрацювання та дослідження етапів
переходу судна "ORACLE" за маршрутом
Х'ЮСТОН – ПОРТ САЇД

Підпис магістранта _____

Завідуючий кафедрою _____

Керівник _____

Рецензент _____

Нормоконтроль _____

м. Одеса
2025 рік

"ЗАТВЕРДЖУЮ"

Завідувач кафедри

_____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ

по дипломній роботі магістранта

СОЛУЯНОВ МИХАЙЛО АНАТОЛІЙОВИЧ

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Комплексне опрацювання та дослідження етапів переходу судна "ORACLE" за маршрутом Х'юстон – Порт Саїд

затверджена наказом по НУОМА від " _____ " _____ 20 _____ р. № _____

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

3. Вхідні дані до роботи:

1. Ворохобін І.І. та інші. Методичні вказівки для виконання магістерської роботи.
2. «ORACLE»: BGZ021/SF-003 – Loading Manual and Stability Information.
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 вантажів
4. Оцінка морехідних якостей судна
5. Вплив автономних суден на безпеку судноплавства

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	Дмитро АСТАЙКІН	20.11.2025
2. Аналіз, оцінка та планування навігаційного переходу	Дмитро АСТАЙКІН	20.11.2025
3. Обробка та розміщення вантажу	Дмитро АСТАЙКІН	20.11.2025
4. Оцінка морехідних якостей судна	Дмитро АСТАЙКІН	20.11.2025
5. Нові підходи оцінки ризику зіткнення суден у морі	Дмитро АСТАЙКІН	25.11.2025
6. Розрахунок економічних показників роботи судна в рейсі	Дмитро АСТАЙКІН	21.11.2025
7. Охоронні заходи та цивільна оборона на судні	Дмитро АСТАЙКІН	21.11.2025

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>Нові підходи оцінки ризику зіткнення суден у морі</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 _____

Дана магістерська робота присвячена комплексному опрацюванню та дослідженню етапів навігаційного переходу танкера «ORACLE» за маршрутом Houston – Port Said з перевезенням нафтового вантажу.

В роботі наведені основні характеристики Oil Tanker «ORACLE», виконано аналіз, оцінку та планування навігаційного переходу, детально вивченні транспортні характеристики 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, проведено розрахунок кількісних та якісних економічних показників роботи судна в рейсі.

Виконано огляд проблеми «Аналіз нових підходів в оцінці ризику зіткнення суден».

Розглянуті питання безпеки та виживання на морі, охоронних заходів та цивільної оборони на судні.

Ключові слова: Конвенція, навігаційний перехід, безпека судноплавства, морехідні якості, остійність, методи оцінки морських ризиків, стандарти контролю, економічні показники.

This master's thesis is devoted to the comprehensive analysis and study of the stages of the navigational passage of the tanker «ORACLE» along the Houston – Port Said route while transporting an oil cargo.

The thesis presents the main characteristics of the oil tanker «ORACLE», and includes the analysis, assessment, and planning of the navigational passage. The transport properties of the cargo are examined in detail, an optimal cargo plan is developed, the vessel's seaworthiness is evaluated, static stability diagrams for departure and arrival are constructed, as well as shear force and bending moment curves. Additionally, quantitative and qualitative economic performance indicators of the vessel during the voyage are calculated.

A review of the topic «Analysis of New Approaches to the Assessment of Ship Collision Risk» is provided.

Issues of maritime safety and survival, security measures, and civil defense on board the vessel are also considered.

Keywords: Convention, navigational passage, maritime safety, seaworthiness, stability, marine risk assessment methods, control standards, economic indicators.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

AIS – автоматична ідентифікаційна система (Automatic Identification System).

ANN – штучна нейронна мережа (Artificial Neural Network).

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

BM – згинальний Момент (Bending Moments).

BN – Байєсова мережа (Bayesian Network).

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

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

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

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

GPS – система глобального позиціювання (Global Positioning System).

GRT – валова реєстрова місткість (Gross Registered Tonnage).

HEP – ймовірність людської помилки (Human Error Probability).

IMO – міжнародна морська організація (International Maritime Organization).

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

NAVAREA – морські географічні райони (Navigational Areas).

NAVTEX – міжнародна автоматизована система оповіщення (Navigational Telex).

NRT – чиста реєстрова місткість (Net Registered Tonnage).

PSC – портовий контроль (Port State Control).

SF – перерізуючі сили (Shear Forces).

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

UKC – запас води під кілем (Under Keel Clearance)

ЗМІСТ

ВСТУП	9
РОЗДІЛ 1 ХАРАКТЕРИСТИКИ СУДНА	
1.1 Загальні відомості і головні розміри судна	10
1.2 Транспортно-експлуатаційні характеристики судна	13
1.3 Маневрені характеристики	14
1.4 Навігаційне обладнання	14
1.5 Забезпечення непотоплюваності	17
РОЗДІЛ 2 АНАЛІЗ, ОЦІНКА ТА ПЛАНУВАННЯ НАВІГАЦІЙНОГО ПЕРЕХОДУ	
2.1 Загальні вимоги до аналізу та плануванню навігаційного переходу	18
2.2 Оцінка запланованого переходу	19
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	24
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	30
2.3.5 Розрахунок висот приливів та побудова графіків приливів	35

РОЗДІЛ 3 ОБРОБКА І РОЗМІЩЕННЯ ВАНТАЖУ

3.1 Транспортні характеристики вантажів	36
3.1.1 Наливні вантажи	36
3.2 Підготовка вантажних приміщень до прийому вантажів та документальне оформлення морського перевезення	40
3.3 Розрахунок чистої вантажопідйомності судна	47
3.4 Складання вантажного плану	52
3.5 Характеристика експлуатаційних умов рейсу	54

РОЗДІЛ 4 ОЦІНКА МОРЕХІДНИХ ЯКОСТЕЙ СУДНА

4.1 Розрахунок водотоннажності й координат центра ваги судна	56
4.2 Розрахунки посадки та початкової остійності	60
4.3 Контроль остійності за матеріалами Інформації	63
4.4 Розрахунок і побудова діаграм остійності	64
4.5 Розрахунки нормованих параметрів остійності	67
4.6 Перевірка виконання рекомендованих ІМО критеріїв остійності	70
4.7 Контроль загальної поздовжньої міцності судна	70

РОЗДІЛ 5 НОВІ ПІДХОДИ ОЦІНКИ РИЗИКУ ЗІТКНЕННЯ СУДЕН У МОРІ

5.1 Вступ	73
5.2 Аналіз аварій морських суден в акваторіях портів	74
5.3 Визначення ризику зіткнення суден	77
5.4 Класифікація методів оцінки морських ризиків	78
5.5 Огляд методів аналізу ризиків	81

РОЗДІЛ 6 РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ СУДНА В РЕЙСІ

6.1 Розрахунок кількісних показників роботи судна в рейсі	95
6.2 Розрахунок якісних показників роботи судна в рейсі	99
6.3 Прогнозування роботи судна, оцінка ефективності рейсу	100

РОЗДІЛ 7 ОХОРОННІ ЗАХОДИ І ЦИВІЛЬНА ОБОРОНА НА СУДНІ

7.1 Прогнозування наслідків надзвичайної ситуації на об'єкті морського транспорту	103
7.1.1 Оцінка масштабів хімічного зараження території	103
7.1.2 Висновки і рекомендовані заходи для зменшення людських втрат	104
7.2 Стандартні робочі процедури по прийняттю відповідних заходів у разі підозрілої діяльності на судні або поблизу нього	110
ВИСНОВКИ	113
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	114

ВСТУП

Магістерська робота присвячена комплексному опрацюванню та дослідженню етапів переходу судна за маршрутом та розгляду теоретичних аспектів проблеми, що досліджується – «Аналіз нових підходів в оцінці ризику зіткнення суден».

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

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

Мета роботи – опрацювання та дослідження етапів переходу судна з боку навігаційної, вантажної та економічної складової безпеки мореплавства. Узагальнення теоретичних положень щодо нових підходів в оцінці ризику зіткнення суден.

Об'єкт дослідження – етапи переходу судна.

Предмет дослідження – оцінка ризику зіткнення суден.

Основні положення полягають в розширенні кола відомих даних.

РОЗДІЛ 1

ХАРАКТЕРИСТИКИ СУДНА

1.1 Загальні відомості і головні розміри судна

Таблиця 1.1 – Основні відомості про судно

1	Назва судна:	«ORACLE»
2	Тип судна:	OIL TANKER
3	Позивний сигнал судна:	C 6 X F 6
4	ІМО №:	9400980
5	MMSI №:	311 007 500
6	Рік і місце будівництва:	2008, Sumitomo Heavy Industries Marine & Engineering Co. Ltd. Yokosuka, Japan
7	Клас реєстру:	Lloyds Register of Shipping
8	Порт приписки:	Nassau
9	Судновласник:	Masthead Shipping S.A., Monrovia, Liberia
10	Менеджмент:	Samos Steamship Company, Athens, Greece
11	Довжина найбільша, (L):	228.600 m
12	Довжина між перпендикулярами, ($L_{\perp\perp}$):	217.800 m
13	Ширина найбільша, (B):	42.000 m
14	Висота борту до верхньої палуби, (H):	21.546 m
15	Найбільша осадка, (T_{DIF}):	Summer – 14.808 m Tropical – 15.116 m Winter – 14.500 m Fresh Water – 15.149 m Tropical Fresh Water – 15.457 m

Продовження таблиці 1.1

16	Осадка (Т): в повному вантажу: порожньому:	14.808 m 2.245 m
17	Водотоннажність: в повному вантажу, (Δ): порожньому, (Δ_o):	Summer – 121449 MT Tropical – 124192 MT Winter – 118706 MT Fresh Water – 121450 MT 16069 MT
18	Повна вантажопідйомність, (Δ_w):	Summer – 105380 MT Tropical – 108123 MT Winter – 102637 MT Fresh Water – 105381 MT Tropical Fresh Water – 108058 MT
19	Головний двигун: тип: потужність: частота обертання:	Diesel MITSUI MAN-B&W 6S60MC-C 12350 kW / 16562 hp 97.0 rpm
20	Швидкість судна: (L) – Loaded (B) – Ballast	Full Sea Speed – 14.5 kts (L) / 16.0 kts (B) Full Ahead – 10.8 kts (L) / 12.1 kts (B) Half Ahead – 9.2 kts (L) / 10.4 kts (B) Slow Ahead – 6.7 kts (L) / 7.6 kts (B) Dead Slow Ahead – 4.7 kts (L) / 5.4 kts (B)
21	Гребний гвинт: кількість лопастей: діаметр та крок гвинта: дискове відношення: крокове відношення: напрямок обертання:	5 6650.0 mm / 5179.7 mm 0.5870 0.7789 Right-handed

Продовження таблиці 1.1

22	Тип руля: площа пера руля:	Semi Ballanced Stream-Lined Double Plate 47.189 m ²
23	Тип стернової машини:	Electro Hydraulic Driven Type
24	Режим роботи головного двигуна:	Full Sea Speed – 93.7 rpm Full ahead/astern – 72 rpm Half ahead/astern – 61 rpm Slow ahead/astern – 45 rpm Dead Slow ahead/astern – 32 rpm
25	Суднова радіостанція: склад суднової радіоапаратури відповідає вимогам району А3 та включає в себе:	MF/HF Radio Equipment – JRC VHF Radio Telephony – JRC Inmarsat Fleet F77 – JRC Inmarsat Standard-C – JRC Navtex receiver – JRC Satellite EPIRB 406 MHz/1.25 MHz – JRC RADAR Transponder – JRC Portable VHF Transceiver – JRC GMDSS Console – JRC
26	Валова реєстрова місткість (Gross Tonnage):	55894
27	Чиста реєстрова місткість (Net Tonnage):	29810
28	Добова витрата палива: на ходу, HFO: на стоянці, DO: при вивантаженні:	35.4 t 1.5 t 3.5 t
29	Координати центру мас порожнього судна:	L.C.G. – 8.53 m. aft of M.S. KG – 10.96 m. above B.L.

1.2 Транспортно-експлуатаційні характеристики судна

Схематичний план бокового вигляду судна з розташуванням приміщень для вантажів та запасів (вид збоку), а також план верхньої палуби судна (вид зверху) приведено на рис. 1.1. Вантажна шкала судна приведена на рис. 1.2.

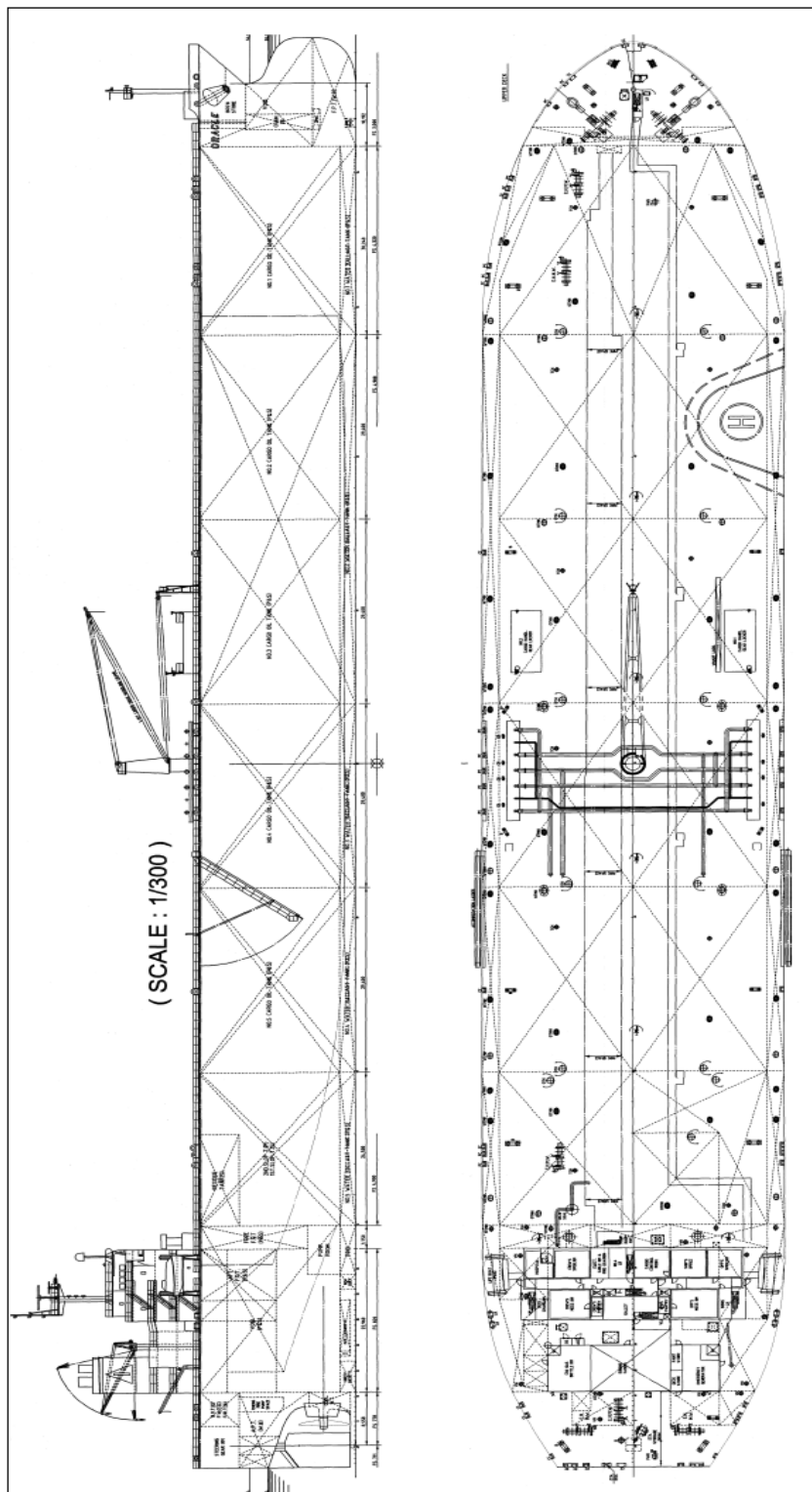


Рисунок 1.1 – Схематичний план бокового вигляду та верхньої палуби судна

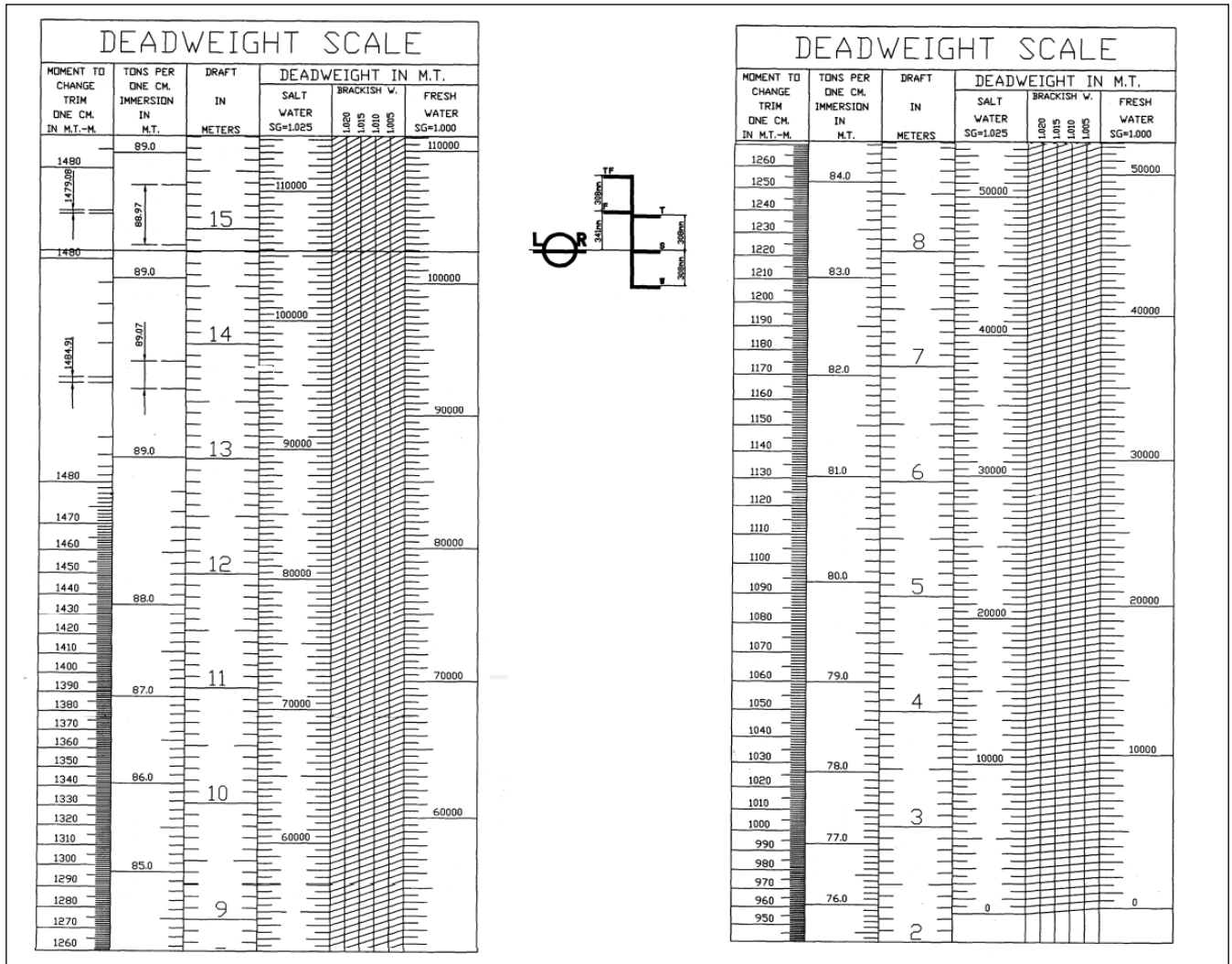


Рисунок 1.2 – Вантажна шкала судна

1.3 Маневрені характеристики

Дані о маневрених характеристиках, якірний ланцюг, робота рульового пристрою, дані про діаметри повороту, дані про гальмівні характеристики у виді «Wheelhouse Poster» представлені на рис. 1.3.

1.4 Навігаційне обладнання

Наведемо у вигляді таблиць дані про всі технічні засоби навігації судна та характеристики точності ТЗН.

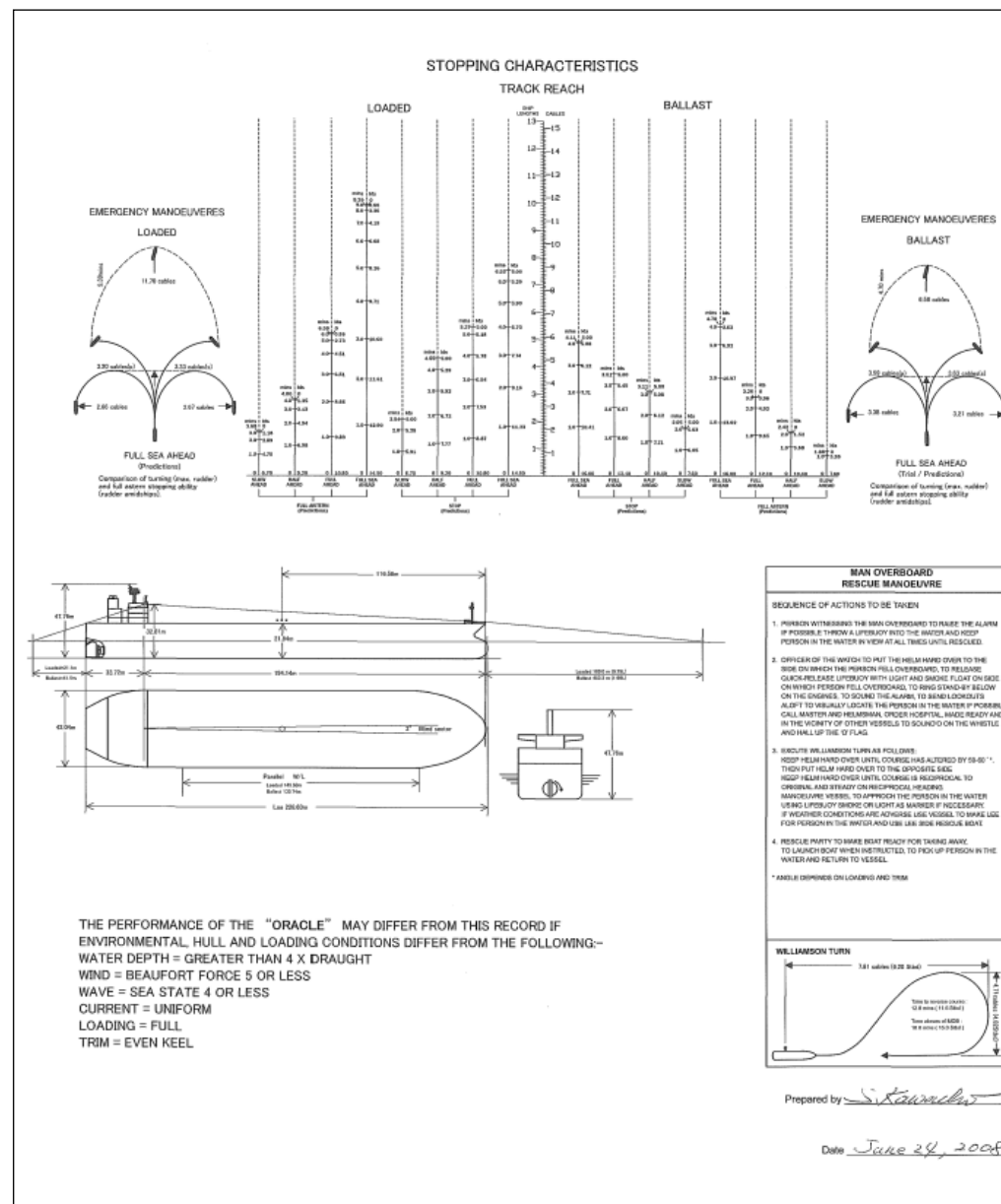
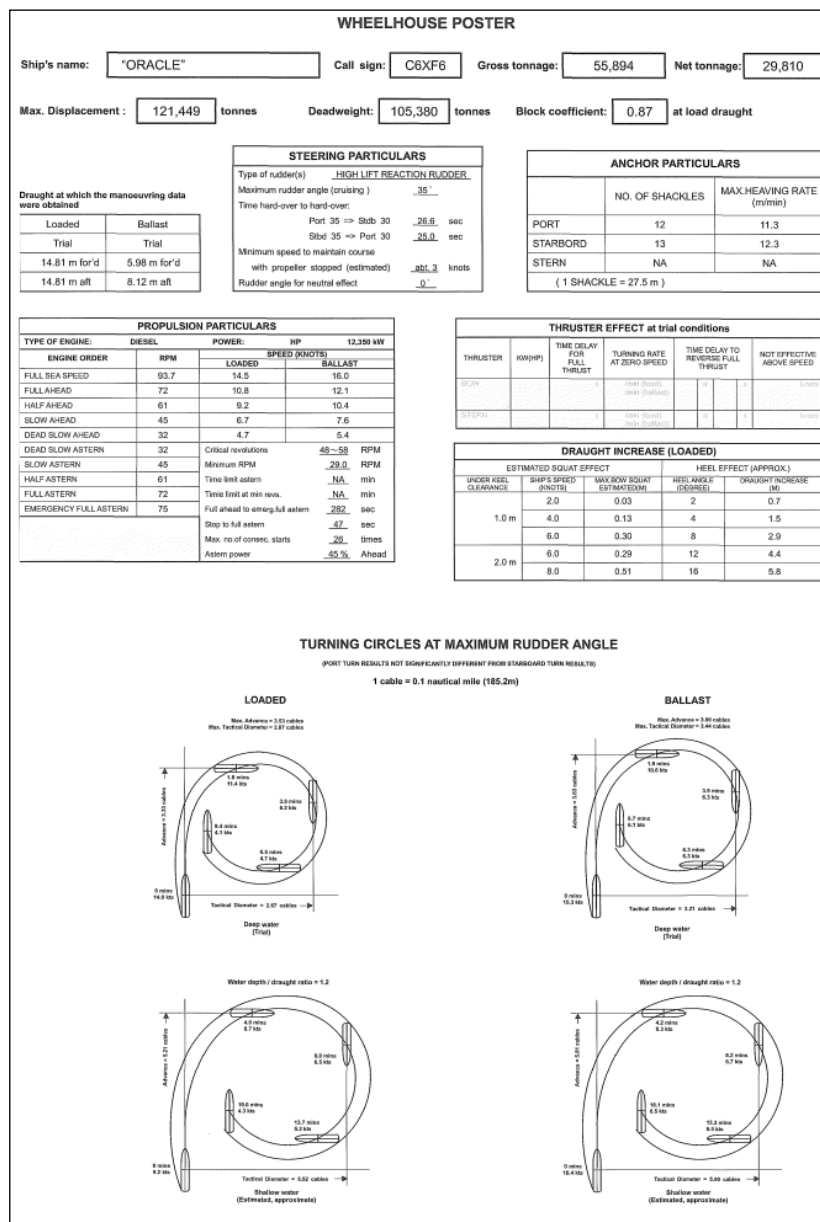


Рисунок 1.3 – Маневрені характеристики судна

Таблиця 1.2 – Технічні засоби навігації

№	Прилад	Марка	Модель
1	Magnet compass	Tokimec	SH-165A1
2	Gyro Compass	Tokimec	TG-8000
3	Auto Pilot	Tokimec	PR-6212A-DM-SS2
4	Course Recorder	Tokimec	CR-4
5	Echo Sounder	Furuno	FE-700
6	Doppler speed Log	Furuno	DS-50
7	RADAR/ARPA X band	JRC	JMA-9122-6XA
8	RADAR/ARPA S band	JRC	JMS-9132-SA
9	GPS Navigator	JRC	JLR-7700 mkII
10	Weather Facsimile	JRC	JAX-91
11	AIS	JRC	JHS-182
12	VDR	JRC	JSY-1800
13	ECDIS	JRC	JAN-901M EOR

Таблиця 1.3 – Характеристики точності ТЗН на судні

№	Тип і марка приладу	Нав. параметри	СКП ^{95%} одного вимірювання
1	Magnet compass	bearing	$\pm 1^\circ$
2	Gyro Compass	bearing	$\leq \pm 1^\circ$ ($0.75^\circ \cdot \secant \text{ latitude}$)
3	Echo Sounder	depth	$\pm 2.5 \%$
4	Doppler speed Log	speed	1% or 1 kts., whichever is the greater
5	RADAR/ARPA X band RADAR/ARPA S band	distance	1% of the maximum range of the scale in use, or 15 m, whichever is the greater
		bearing	$\pm 1.5^\circ$
6	GPS Navigator	distance to ship	$\pm 7 \text{ m}$

1.5 Забезпечення непотоплюваності

У даному підрозділі наведемо конструктивні особливості судна, які забезпечують його непотоплюваність, наявність на судні «Інформації про непотоплюваність» та (або) «Аварійних планів».

На т/х «Oracle» є вся необхідна «Інформація про непотоплюваність» та «Аварійний план» («Damage control plan»), передбачені СУБ Компанії.

Танкер «Oracle» розбитий вісьма поперечними переборками на дев'ять водонепроникних відсіків: FP, Cargo Oil Tanks (P&S), Slop Tanks (P&S), ME, AP. Окрім того вздовж вантажної частини корпусу проходить одна водонепроникна переборка, яка ділить пари вантажних танків. Корпус має подвійне дно та подвійні борта.

В якості водовідливного насосу може бути використано будь-який з вантажних насосів та баластні насоси.

Таблиця 1.4 – Характеристики суднових насосів

1	Cargo Oil Pump	2500 m ³ /h	3 SETS
2	Cargo Stripping Pump	150 m ³ /h	1 SET
3	Water Ballast Pump	2000 m ³ /h	2 SETS

В додаток до «Інформації про аварійну остійність судна» на т/х «Oracle» є спеціально розроблена комп'ютерна програма, яку окрім забезпечення вантажних робіт можна використовувати для розрахунку аварійної остійності.

РОЗДІЛ 2

АНАЛІЗ, ОЦІНКА ТА ПЛАНУВАННЯ НАВІГАЦІЙНОГО ПЕРЕХОДУ

2.1 Загальні вимоги до аналізу та плануванню навігаційного переходу

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

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

Існують чотири стадії планування безпечного переходу:

1. Оцінка / Appraisal.
2. Планування / Planning.
3. Виконання / Execution.
4. Контроль / Monitoring.

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

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

У цьому параграфі приведемо конкретну інформацію, що стосується оцінки переходу, що відповідає етапу «Passage Plan Appraisal». Для цього проведемо підбір навігаційних карт, посібників і публікацій на заданий перехід по Каталогі Адміралтейських карт і публікацій (Catalogue of Admiralty Charts and Publications). Оброблену інформацію оформлюємо у вигляді таблиць.

Таблиця 2.1 – Перелік карт на перехід

Тип карти	№	Назва карти	Масштаб
1	2	3	4
Admiralty	4015	A Planning Chart for the Atlantic Ocean	1:20,000,000
Admiralty	4012	North Atlantic Ocean – Southern Part	1: 10,000,000
Admiralty	4011	North Atlantic Ocean – Northern Part	1: 10,000,000
Admiralty	3188	Houston Ship Channel Carpenters Bayou to Houston Turning Basin	Plans
Admiralty	3187	Houston Ship Channel Morgans Point to Carpenters Bayou	Plans
Admiralty	3186	Houston Ship Channel Pelican Island to Barbours Cut	Plans
Admiralty	3183	Approaches to Galveston Bay	1: 80,000
Admiralty	3854	Freeport to Calcasieu Pass	1: 250,000
Admiralty	3850	Galveston Bay to Ship Shoal	1: 500,000
Admiralty	2996	Cuba to Bahama Islands Including Straits of Florida	1: 1,000,000
Admiralty	3001	Cuba to Puerto Rico	1: 1,000,000
Admiralty	2710	Delaware Bay to Straits of Florida	1: 1,500,000
Admiralty	2863	Straits of Florida	1: 500,000
Admiralty	3912	North East Providence Channel and Tongue of Ocean	1: 300,000
Admiralty	91	Cabo de Sao Vicente to the Strait of Gibraltar	1: 375,000
Admiralty	142	Strait of Gibraltar	1: 100,000

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4
Admiralty	3578	Eastern Approaches to the Strait of Gibraltar	1: 150,000
Admiralty	773	Strait of Gibraltar to Isla de Alboran	1: 300,000
Admiralty	2437	Ras Tarf to Oran	1: 300,000
Admiralty	1909	Ile Plane to Cherchell	1: 300,000
Admiralty	1910	Cherchell to Bejaia	1: 300,000
Admiralty	252	Cap Corbelin to Cap Takouch	1: 300,000
Admiralty	2121	Cap de Fer (Ras el Hadid) to Iles Cani	1: 300,000
Admiralty	2122	Bizerte to Capo San Marco	1: 300,000
Admiralty	2123	Capo Granitola to Capo Passero	1: 300,000
Admiralty	2124	Isola di Lampedusa to Capo Passero including Malta	1: 300,000
Admiralty	1439	Sicilia to Nisos Kriti	1: 1,100,000
Admiralty	3401	Banghazi to Ra's Al Muraysah	1: 500,000
Admiralty	3400	Ra's al Muraysah to Al Iskandariyah	1: 500,000
Admiralty	2573	Al Burullus to Al 'Arish	1: 300,000
Admiralty	2578	Mina' Dumyat to Port Said	1: 100,000
Admiralty	241	Outer Approaches to Port Said (Bur Sa'id)	1: 50,000
Admiralty	240	Approaches to Port Said (Bur Sa'id)	1: 25,000

Таблиця 2.2 – Перелік публікацій на перехід

№	Назва	Посібник
1	Last Corrections of Charts & Publications	WK 17/2021
2	Admiralty Total Tide	ATT (1-4, 9)
3	Sailing Directions	e-NPs: 1, 45, 49, 67, 69A, 70, 71
4	Admiralty Digital List of Lights	ADLL (1&2, 4, 9)
5	Admiralty Digital Radio Signals	ADRS (1-6)
6	Climatological, Hydrographical and Oceanographic Data	Maritime Atlas 24th Edition
7	Weather Routeing	Bon Voyage

2.2.1 Підготовка для прийому та обміну навігаційною інформацією на переході

У цьому параграфі приведемо конкретну інформацію про прийом та обмін навігаційною інформацією на переході за допомогою Admiralty Digital Radio Signals (ADRS).

Вибираємо інформацію щодо факсимільних карт погоди по маршруту переходу та зводимо її до табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Радіостанції факсимільних гідрометеорологічних передач

№	Радіостанція	Позначення і межа карти	Зміст передачі	Час передачі
1	Boston	1 (a) 28°N 52°N 45°W 85°W	Preliminary surface analysis Satellite image Broadcast schedule	0233 0951 0243
2	Northwood	North Atlantic 54°N 82°W 26°N 45°W 54°N 51°E 26°N 12°E	24 ^h Surface Prognosis	0012 1212
3	Dakar	55°N 30°W 55°N 40°E 55°S 30°W 5°S 40°E	Surface analysis	0400 1000 1600 2200
4	Olympia	1:15 000 000 49°N 23°W 45°N 42°E 23°N 7°W 21°N 35°E	Surface analysis 24 h surface prognosis 48 h surface prognosis	0845 0857 0909

Вибираємо інформацію про райони NAVAREA і станції NAVTEX по маршруту переходу. Дані зводимо до табл. 2.4.

Таблиця 2.4 – Райони NAVAREA, станції NAVTEX на переході

№	Ділянка переходу	Район NAVAREA	NAVTEX	NAVAREA
1	Atlantic Ocean	IV	[A, B, G]	United States
2	Atlantic Ocean	II	[F, G, P, R]	France
3	Mediterranean Sea	III	[B, F, G, H, I, N, O, P, R, T, X, V]	Spain

Визначаємо наявність по маршруту контрольних постів, районів, де здійснюється управління рухом судів постами СУДС (Reporting Areas), вирішуємо питання про зв'язок з контрольними станціями і постами. З'ясовуємо деталі зв'язку з лоцманськими станціями і операторами терміналів в портах.

Таблиця 2.5 – Зв'язок на переході

№	Станція	Зв'язок	Канали	Примітки
1	HOUSTON, TX – HOFTI Terminal			
	Houston Port Control	VHF	14	Port Control
	Houston Pilots	VHF	16,14,74	Pilot Station
	Houston Traffic	VHF	11,12,13,21A	VTs
2	GIBRALTAR STRAIT			
	Tarifa Traffic	VHF	16, 10, 67	VTs
	Tangier Traffic	VHF	69, 16, 68	VTs
3	PORT SAID – DW ANCHORAGE			
	Port Said Harbour Office	VHF	12,13,16	Port Control
	Port Said Pilots	VHF	12,13,16	Pilot Station
	Port Said Harbour Office	VHF	12,13,16	VTs

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

2.2.2 Збір та аналіз гідрометеорологічної інформації

У цьому параграфі виконуємо аналіз гідрометеорологічних умов по маршруту плавання у березні/квітні місяці. Для цього використовуємо середні багаторічні данні, які наведені в Атласах океанів, Admiralty Sailing Directions та Pilot Charts. Для опису гідрометеорологічних умов перехід розбиваємо на 5 ділянок згідно з ASDs.

Таблиця 2.6 – Атмосферний тиск та розшифровка «роз вітрів»

Характеристики за ділянками	NP 69A	NP 70	NP 67	NP 45	NP 49
Атмосферний тиск, гПа	1016	1019	1020	1017	1013
Вітер	Роза вітрів 1	Роза вітрів 2	Роза вітрів 3	Роза вітрів 4	Роза вітрів 5
Напрямок вітру	Повторюваність вітру, %				
N	16	12	14	21	17
NE	18	6	3	12	24
E	4	9	4	9	12
SE	4	7	9	4	5
S	8	14	31	6	8
SW	18	19	14	12	14
W	11	16	11	11	9
NW	18	16	11	13	10
Повторюваність штилів, %	2	2	2	12	Rare
Середня швидкість, вузли	10	14	13	10	12

Таблиця 2.7 – Гідрологічні характеристики

Характеристики за ділянками	NP 69A	NP 70	NP 67	NP 45	NP 49
1	2	3	4	5	6
Температура повітря, °C	19	20	17	18	22
Температура води, °C	21	22	18	19	21
Відносна вологість, %	79	67	78	75	70
Повторюваність туманів, %	2	3	1	2	0
Видимість > 5 міль, %	91	95	96	94	96

Продовження таблиці 2.7

1		2	3	4	5	6
Хмарність, бали		5	5	6	5	3
Солоність води, ‰		≈33	≈37	≈36	≈38	≈39
Щільність води, г/см ³		1,000	1,025	1,027	1,026	1,025
Постійні течії	направлення	W/NW	W/NW	E	E/NE	E
	швидкість, вузли	½ – 1¼	½ – 1	1 – 1½	½ – ¾	¼ – ½
	постійність, %	< 50	< 50	50-75	50-75	50-75

Гідрометеорологічна характеристика погодних умов, яка очікується на переході Houston – Port Said, сприятлива.

2.2.3 Збір та аналіз навігаційної інформації при прибрежному плаванні

Використавши Admiralty Sailing Directions, Admiralty Digital List of Lights, Guide to Port Entry (e-Book), наводимо навігаційну та загальну інформацію щодо портів, місць лоцманської проводки, якірних стоянок, забезпеченість ЗНО, які використовуються на прибрежних ділянках.

HOUSTON (USA)

$$\varphi = 29^{\circ}45'N; \lambda = 095^{\circ}20'W.$$

The Port of Houston is one of the world's largest ports and serves the metropolitan area of Houston, Texas.

Max. size: 950 ft. LOA with beam 135 ft. Max. permissible draft 37 ft.

Load Line zone: Summer.

Tugs: Tugs come alongside just off dock or immediately prior to entering turning basin if vessel is to turn, or at Pilot's discretion.

Repairs: All types available.

Anchorage: Vessels are prohibited from anchoring in the Houston Ship Channel or Turning Basin, except in cases of emergency, in which circumstances they shall anchor as near as possible to the channel edge or Turning Basin so as not to interfere with free navigation or obstruct the approach to any pier.

Vessels may anchor in the Gulf of Mexico in the Galveston Entrance Anchorage Areas, just inshore of the intersection of the Galveston Safety Fairway with the Coastwise Fairway.

Fresh water: Available at all terminals through pipe and hose.

Fuel: All grades and viscosities available.

Weather description: The winds are variable, but mainly light to moderate, from between E and S.

Navigational warnings: Official signs indicate speed limits. Speed must be reduced sufficiently to prevent damage when passing other vessels or structures in the channel. Navigational warnings, information about weather & port are obtained through INMARSAT, SAFETYNET, NAVAREA and NAVTEX.

Notes: Safety warning signals, indicating the state of potentially dangerous oil loading operations, are displayed from a mast at the mouth of Boggy Bayou Basin (29-43.970N 095-07.900W). The speed of passing vessels should be reduced to prevent damage during such operations.

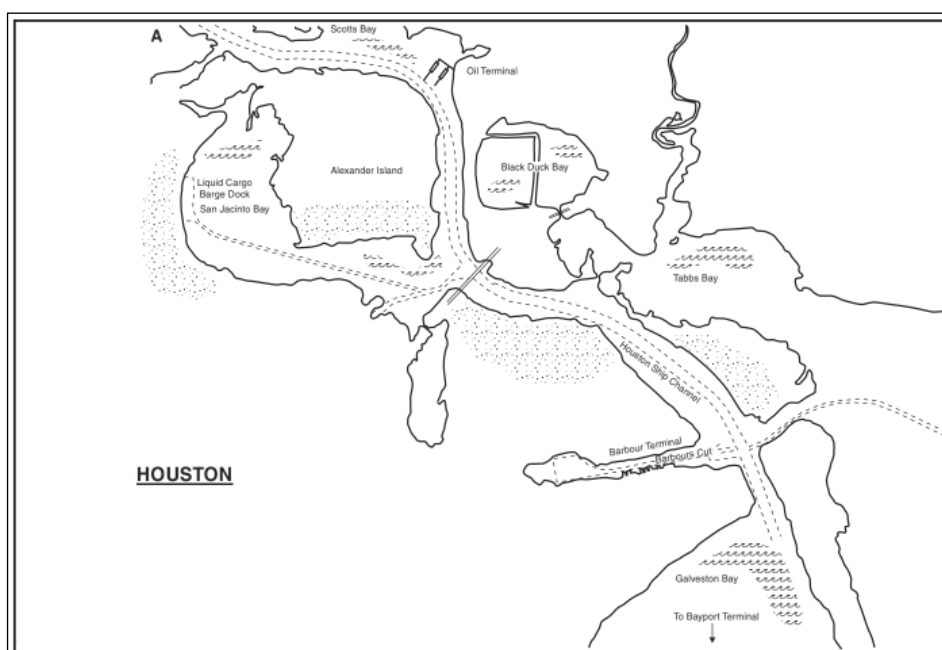


Рисунок 2.1 – План порту Houston

PORT SAID (EGYPT)

$$\varphi = 31^{\circ}28'N; \lambda = 032^{\circ}19'E.$$

Port Said is situated on the northern entrance of the Suez Canal and is considered one of the most important Egyptian ports due to its distinctive location. The port is artificial formed by breakwaters.

Max. size: LOA – No restriction. Max. beam 245 m. (aft draft 36 ft.) but in ballast. Max. draft 62 ft. (beam 164 ft.) or max. draft 40 ft. (beam 254 ft. 3 in.).

Load Line zone: Summer.

Tugs: Highly qualified crew are available on board several tugs owned by the Suez Canal Authority in Port Said, Suez and in all Suez Canal stations. These tugs assist vessels to berth in Port Said harbour as well as in Canal if a case arises.

Repairs: Most types of repairs whether temporary or permanent can be carried out here by the Suez Canal Authority's shipyard or its subsidiary companies, under the supervision of the appropriate surveyors, if necessary. Suez workshops are well equipped for undertaking all kinds of marine repairs to hull, main and auxiliary engines, boilers, navigation aids, radar and cooling, and installations.

Anchorage: A prohibited anchorage area enclosed all three sea berths. Anchoring within this area is prohibited only until the vessel has been boarded by the Harbour Master who will then direct the vessel to a sea berth or an anchorage.

Fresh water: Available for supply ex self-propelled barges to any quantities required at all times with minimum supply of 50 t. for vessels exceeding 500 t. gross provided vessels inside the harbours, vessels at anchorage areas minimum supply quantity is 200 t.

Fuel: Vessels can also be supplied at the anchorage areas and in Port Berths by means of supply tankers and self-propelled barges respectively.

Weather description: During most of the year, the winds are from the N between force 3 and 5. Rain hardly ever falls, and the infrequent sandstorms do not interfere with work at the terminals. It is unpleasant for small boats except alongside the jetties and quay which are well protected. Berthing at the sea berths may be

delayed by strong winds are on very rare occasions there are S gales of short duration which make anchoring untenable.

Navigational warnings: A submerged wreck, over which the depth is unknown, lies close SE of Sea Berth № 1; a dangerous wreck lies close SSW of the berth. Other wrecks lie closer inshore in the vicinity of the sea berths. SG300 oil production platform lies about 1,75 nm SE of Sea Berth № 3; obstructions and wells lie in the vicinity of the platform.

Notes: The flag signal requesting a pilot should be hoisted 2 hours before the expected time of getting underway. Pilots for navigation through the Suez Canal are due on board 1 hour after the signal has been hoisted. When piloting a vessel in the Suez Canal the principal point of attention is the vessels speed, which is governed by regulations set down by the Suez Canal Authority and is normally 7,6 kn.

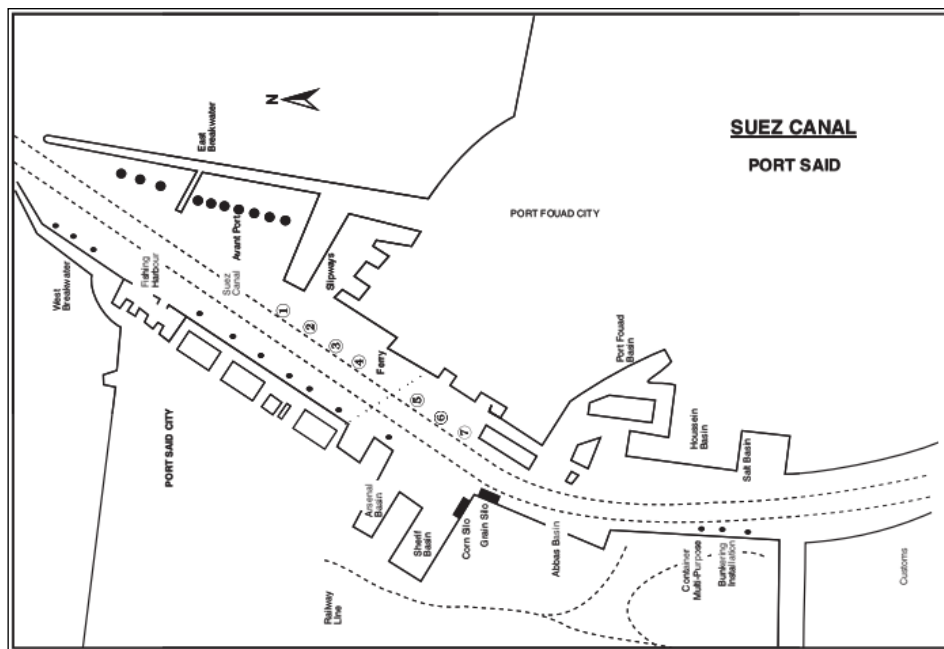


Рисунок 2.2 – План порту Port Said

Таблиця 2.8 – Засоби навігаційного обладнання

№	Назва	Координати		Характеристики	Дальність видимості (n m)
		φ (°,')	λ (°,')		
1	2	3	4	5	6
1	Cayo Bahia de Cadiz	23 12.3 N	080 28.9 W	Fl (3) 15 s	24.0
2	Great Bahama Bk, Gun Cay Lt	25 34.3 N	079 17.8 W	Fl 10 s	23.0

Продовження таблиці 2.8

1	2	3	4	5	6
3	Great Bahama Bk, Great Isaac Lt	26 01.6 N	079 05.3 W	Fl 15 s	23.0
4	Great Stirrup Cay	25 49.4 N	077 54.0 W	Fl (2) 20 s	22.0
5	Abaco	25 51.7 N	077 11.1 W	Fl 10 s	23.0
6	C. Spartel	35 47.5 N	005 55.4 W	Fl (4) 20 s	30.0
7	I. de Tarifa	36 00.1 N	005 36.6 W	Fl (3) 10 s Racon (C)	26.0 18.0
8	Europa Pt	36 06.6 N	005 20.7 W	ISO 10 s	19.0
9	Galiton de L'Ouest	37 29.9 N	008 52.5 E	Fl (4) 20 s	24.0
10	Iles Cani	37 21.3 N	010 07.4 E	Fl (2) 10 s	19.0
11	Cap Bon	37 04.8 N	011 02.7 E	Fl (3) 20 s	30.0
12	Punta Spadillo	36 49.5 N	012 00.8 E	Fl (2) 10 s	24.0
13	Damieta	31 31.4 N	031 50.9 E	Fl (2) 30 s Racon (DA)	20.0
14	Port Said	31 16.3 N	032 17.6 E	Fl 10 s Racon (TS)	20.0

2.3 Навігаційні розрахунки для забезпечення безпеки плавання

2.3.1 Розрахунок ортодромії

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

У цьому параграфі виконуємо розрахунок локсодромії і ортодромії аналітичним способом для двох точок (WP 50 – WP 51) при переході через Атлантичний Океан.

WP 50 ($\varphi_1 = 25^\circ 47.9' \text{ N}$, $\lambda_1 = 076^\circ 28.7' \text{ W}$);

WP 51 ($\varphi_2 = 35^\circ 53.7' \text{ N}$, $\lambda_2 = 006^\circ 12.0' \text{ W}$).

1). Знаходимо різницю широт:

φ_2	$35^\circ 53.7'$
$-\varphi_1$	$25^\circ 47.9'$
$\Delta \varphi$	$10^\circ 05.8' (605.8 \text{ к N})$

2). Знаходимо різницю довгот:

λ_2	$-006^\circ 12.0'$
$-\lambda_1$	$-076^\circ 28.7'$
$\Delta \lambda$	$-70^\circ 16.7' (4216.7 \text{ к W})$

3). Знаходимо різницю меридіональних частин:

$$m = 3437.75 \cdot \ln[\operatorname{tg}(45^\circ + \varphi_2/2) / \operatorname{tg}(45^\circ + \varphi_1/2)] \quad (2.1)$$

$$m = 707.1858.$$

4). Визначаємо локсодромічний курс (K_L) по формулі:

$$K_L' = \arccos(m / \sqrt{(\Delta \lambda^2 + m^2)}) \quad (2.2)$$

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

$$K_L = 80.5^\circ.$$

5). Розраховуємо локсодромічну відстань:

$$S_L = \Delta \varphi / \cos K_L \quad (2.3)$$

$$S_L = 3672 \text{ nm.}$$

6). Розраховуємо довжину ортодромії за формулою:

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

$$D = 3595 \text{ nm.}$$

7). Визначаємо доцільність плавання по ортодромії:

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

$$\Delta D = 3672 - 3595 = 77 \text{ nm.}$$

Після виконання розрахунків можна сказати, що плавання по ортодромії дає нам переваги перед прямуюванням по локсодромії. Отже, порівнюючи виграш у відстані, можемо стверджувати, що плавання по ортодромії доцільно та вигідно.

Однак, даний рейс є фактичним та за вимогами рейсового завдання судно буде слідуватиме по локсодромії.

2.3.2 Складання маршрутних листів

Призначення маршрутних листів – забезпечення безпеки мореплавання. Відповідно до рекомендацій *ІМО*, при плануванні переходу необхідно скласти маршрутні листи, які повинні лежати на штурманському столі. Безумовно, протягом рейсу в маршрутні листи вносяться необхідні зміни. Зразок фактичних маршрутних листів наведено на рис. 2.3 – 2.5.

2.3.3 Графічний план переходу

Результати всієї попередньої роботи з навігаційного планування рейсу оформляємо у вигляді графічного плану переходу (рис. 2.6), на якому наносимо назви портів відходу / заходу, основні течії та рози вітрів.

2.3.4 Розрахунок природної освітленості

Розрахунки освітленості виконуємо двома послідовними наближеннями:

- за широтою φ і датою запланованого плавання виберемо з *Nautical Almanac* без інтерполяції моменти місцевого середнього часу (LMT) сходу і заходу Сонця і Місяця;
- по довготі λ передбачуваного місця на полудень кожної доби переводимо моменти в судновий час (ZT) та на кожний такий момент знаходимо прокладенням наперед координати φ і λ місця судна.

Далі розраховуємо по *Nautical Almanac* моменти (ZT) явищ, які характеризують освітленість (користуючись для інтерполяції таблицями: «Conversion of ARC to Time» та «Tables for Interpolating Sunrise, Moonrise, etc»).

Vessel Operating Procedures Manual

VOYAGE / PASSAGE PLANNING

5. PLANNING SHEET FOR PORT OF DEPARTURE

WP T No.	Crs Alter Pnt Refer	Turn point charted		From Waypoint		To Waypoint		True Crs	Dist. NM	Sod Kn	TTG h:mm	Parallel Index		Verification Method	Min UKC	Safety Contour	Safety Depth	Manning Condition	XTD Port/Starboard	Sec. Info & Spec. Manning Level	Remarks	
		Brgg	Dist.	Lat	Lon	Lat	Lon					No1	No2									
0				29° 44' 59.5" N	095° 06' 20.9" W	29° 44' 87.0" N	095° 06' 21.0" W	110.5	0.2	2.0	00:05			VIS/RDR/GPS	15	9.00	15.00	E	B 0.03 / 0.04	1	HOFI TERMINAL	
1	Houston Fuel Oil Terminal Upper Dolphin Light	027.3	0.20	29° 44' 87.0" N	095° 06' 21.0" W	29° 45' 04.0" N	095° 05' 51.0" W	045.7	0.2	2.0	00:06			VIS/RDR/GPS	15	9.00	15.00	E	B 0.04 / 0.04	1	TURNING BASIN HOFI	
2	Houston Fuel Oil Terminal Upper Dolphin Light	286.6	0.08	29° 45' 04.0" N	095° 05' 51.0" W	29° 45' 24.0" N	095° 05' 56.0" W	033.2	0.3	6.5	00:02			VIS/RDR/GPS	15	9.00	15.00	E	B 0.04 / 0.04	1		
3	Houston Ship Channel Light 130	018.2	0.42	29° 45' 24.0" N	095° 05' 56.0" W	29° 45' 67.0" N	095° 05' 39.0" W	028.7	0.5	6.5	00:04			VIS/RDR/GPS	15	9.00	15.00	E	B 0.04 / 0.04	1	HOFI OVERHEAD CABLES, 50.2M	
4	Houston Ship Channel Light 127	070.2	0.26	29° 45' 67.0" N	095° 05' 39.0" W	29° 45' 82.5" N	095° 05' 13.0" W	055.7	0.3	6.5	00:02			VIS/RDR/GPS	15	9.00	15.00	E	B 0.04 / 0.04	1	HOUSTON CHANNEL LIGHTS 130-131	
5	Houston Ship Channel Light 127	144.3	0.09	29° 45' 82.5" N	095° 05' 13.0" W	29° 45' 80.5" N	095° 04' 74.0" W	093.4	0.4	6.5	00:03			VIS/RDR/GPS	15	9.00	15.00	E	B 0.04 / 0.04	1		
6	Crossover Inbound Range Rear Light	084.8	0.44	29° 45' 80.5" N	095° 04' 74.0" W	29° 45' 46.5" N	095° 04' 13.5" W	122.8	0.6	6.5	00:05			VIS/RDR/GPS	15	9.00	15.00	E	B 0.04 / 0.04	1	ABEAM SAN JACINTO RIVER	
7	Lynnhour Inbound Range Front Light	126.0	0.29	29° 45' 46.5" N	095° 04' 13.5" W	29° 44' 41.5" N	095° 03' 56.5" W	154.7	1.2	6.5	00:10	0.11		VIS/RDR/GPS	15	9.00	15.00	E	B 0.04 / 0.04	1		
8	Crossover Outbound Range Front Light	158.0	0.34	29° 44' 41.5" N	095° 03' 56.5" W	29° 44' 20.5" N	095° 03' 35.0" W	138.2	0.3	6.5	00:02			VIS/RDR/GPS	15	9.00	15.00	E	B 0.04 / 0.04	1		
9	Crossover Outbound Range Front Light	206.5	0.12	29° 44' 20.5" N	095° 03' 35.0" W	29° 43' 97.0" N	095° 02' 51.5" W	121.8	0.5	6.5	00:04			VIS/RDR/GPS	15	9.00	15.00	E	B 0.04 / 0.04	1	HOUSTON CHANNEL LIGHTS 117-118	
10	Upper Peggy's Lake Outbound Range Front Light	127.2	0.31	29° 43' 97.0" N	095° 02' 51.5" W	29° 43' 88.0" N	095° 02' 46.0" W	112.0	0.2	6.5	00:02			VIS/RDR/GPS	15	9.00	15.00	E	B 0.04 / 0.04	1	ABEAM BOSTON TERMINAL	
11	Upper Peggy's Lake Outbound Range Front Light	159.1	0.11	29° 43' 88.0" N	095° 02' 46.0" W	29° 43' 77.5" N	095° 01' 45.5" W	095.5	0.8	6.5	00:07	0.07		VIS/RDR/GPS	15	9.00	15.00	E	B 0.04 / 0.04	1	HOUSTON CHANNEL LIGHTS 113B-114B	
12	Houston Ship Channel Light 109A	142.2	0.48	29° 43' 77.5" N	095° 01' 45.5" W	29° 43' 44.0" N	095° 01' 30.0" W	139.7	0.5	6.5	00:04			VIS/RDR/GPS	15	9.00	15.00	E	B 0.04 / 0.04	1	RAYTOWN BEND OVERHEAD CABLE, 49.3M	
13	Houston Ship Channel Light 109	179.5	0.22	29° 43' 44.0" N	095° 01' 30.0" W	29° 43' 26.0" N	095° 01' 25.0" W	166.4	0.2	6.5	00:06			VIS/RDR/GPS	15	9.00	15.00	E	B 0.04 / 0.04	1	ABEAM EXON DOCK	
14	Houston Ship Channel Light 107	188.0	0.41	29° 43' 26.0" N	095° 01' 25.0" W	29° 42' 57.5" N	095° 01' 13.0" W	154.5	0.3	6.5	00:02			VIS/RDR/GPS	15	9.00	15.00	E	B 0.04 / 0.04	1		
15	Upper Red Light Bend Outbound Range Front Light	183.3	0.25	29° 42' 57.5" N	095° 01' 13.0" W	29° 42' 35.5" N	095° 01' 05.5" W	142.1	0.2	6.5	00:01			VIS/RDR/GPS	15	9.00	15.00	E	B 0.04 / 0.04	1	HOUSTON CHANNEL LIGHTS 105-106	
16	Upper Red Light Bend Outbound Range Front Light	267.4	0.11	29° 42' 35.5" N	095° 01' 05.5" W	29° 42' 21.5" N	095° 01' 00.5" W	142.1	0.2	6.5	00:02			VIS/RDR/GPS	15	9.00	15.00	E	B 0.04 / 0.04	1	FRED HARTMAN BRIDGE, 53.3M	
17	Lower Red Light Bend Inbound Range Front Light	174.0	0.12	29° 42' 21.5" N	095° 01' 00.5" W	29° 42' 09.5" N	095° 00' 56.5" W	119.8	0.2	6.5	00:02			VIS/RDR/GPS	15	9.00	15.00	E	B 0.04 / 0.04	1	HOUSTON CHANNEL LIGHTS 101A-102A	
18	Houston Ship Channel Light 101	111.3	0.38	29° 42' 09.5" N	095° 00' 56.5" W	29° 42' 01.0" N	095° 00' 15.5" W	099.1	0.5	6.5	00:03			VIS/RDR/GPS	15	9.00	15.00	E	B 0.04 / 0.04	1		
19	Upper Morgan's Point Inbound Range Rear Light	017.5	0.15	29° 42' 01.0" N	095° 00' 15.5" W	29° 41' 86.0" N	094° 59' 41.0" W	116.5	0.3	6.5	00:04			VIS/RDR/GPS	15	9.00	15.00	E	B 0.04 / 0.04	1	HOUSTON CHANNEL LIGHTS 97-98	
20	Houston Ship Channel Light 97	202.3	0.07	29° 41' 86.0" N	094° 59' 41.0" W	29° 41' 48.5" N	094° 59' 32.0" W	131.2	0.6	6.5	00:05			VIS/RDR/GPS	15	9.00	15.00	E	B 0.04 / 0.04	1	MORGAN POINT OVERHEAD CABLE, 50.2M	
21	Morgan's Point Approach Inbound Range Front Light	115.7	0.26	29° 41' 48.5" N	094° 59' 32.0" W	29° 41' 32.5" N	094° 59' 15.5" W	134.8	0.2	6.5	00:01			VIS/RDR/GPS	15	9.00	15.00	E	B 0.04 / 0.04	1		
22	Upper Morgan's Point Outbound Range Front Light	133.9	0.49	29° 41' 32.5" N	094° 59' 15.5" W	29° 41' 03.5" N	094° 58' 52.5" W	147.7	0.3	6.5	00:03			VIS/RDR/GPS	15	9.00	15.00	E	B 0.04 / 0.04	1	BARBOUR CHANNEL CROSSING	
23	Upper Morgan's Point Outbound Range Front Light	107.6	0.17	29° 41' 03.5" N	094° 58' 52.5" W	29° 36' 87.0" N	094° 57' 34.5" W	161.7	4.4	6.5	00:40	0.13	0.42	VIS/RDR/GPS	15	9.00	15.00	E	B 0.04 / 0.04	1	BAVORT CHANNEL CROSSING	
24	Bayport Ship Channel Outer Range Front Light	092.1	0.20	29° 36' 87.0" N	094° 57' 34.5" W	29° 36' 30.2" N	094° 57' 06.3" W	156.5	0.6	6.5	00:05			VIS/RDR/GPS	15	9.00	15.00	E	B 0.04 / 0.04	1		
25	Houston Ship Channel Light 74A	126.4	0.23	29° 36' 30.2" N	094° 57' 06.3" W	29° 32' 49.0" N	094° 54' 12.5" W	146.0	4.6	6.5	00:42	0.2	0.33	VIS/RDR/GPS	15	9.00	15.00	E	B 0.04 / 0.04	1	HOUSTON CHANNEL LIGHTS 61-62	
26	Houston Ship Channel Light 60	139.8	0.69	29° 32' 49.0" N	094° 54' 12.5" W	29° 29' 59.5" N	094° 51' 51.0" W	146.2	3.5	6.5	00:31	0.33	0.2	VIS/RDR/GPS	15	9.00	15.00	E	B 0.04 / 0.04	1	HOUSTON CHANNEL LIGHTS 51-52	
27	Houston Ship Channel Light 50	145.7	0.37	29° 29' 59.5" N	094° 51' 51.0" W	29° 22' 06.5" N	094° 48' 12.0" W	156.2	8.2	6.5	01:15	0.35	0.5	VIS/RDR/GPS	15	9.00	15.00	E	B 0.04 / 0.04	1	HOUSTON CHANNEL LIGHTS 25-26	
28	Galveston Bay Entrance Channel B Range Rear Light	115.1	1.51	29° 22' 06.5" N	094° 48' 12.0" W	29° 20' 87.5" N	094° 46' 51.0" W	148.3	1.6	6.5	00:14	0.6		VIS/RDR/GPS	15	9.00	15.00	E	B 0.04 / 0.04	1	TEXAS CITY CHANNEL CROSSING	
29	Galveston Bay Entrance Channel B Range Front Light	067.5	1.05	29° 20' 87.5" N	094° 46' 51.0" W	29° 20' 55.0" N	094° 46' 15.5" W	116.2	0.7	6.7	00:06			VIS/RDR/GPS	15	9.00	15.00	E	B 0.07 / 0.08	1	GALVESTON CHANNEL CROSSING	
30	Galveston Bay Entrance Channel B Range Front Light	024.4	0.80	29° 20' 55.0" N	094° 46' 15.5" W	29° 20' 74.0" N	094° 42' 31.0" W	102.4	1.4	6.7	00:12	0.75	0.4	VIS/RDR/GPS	15	9.00	15.00	E	B 0.08 / 0.08	1	BOULVAR ROADS ANCHORAGES	
31	Galveston Bay Entrance Channel A Range Front Light	023.4	0.48	29° 20' 74.0" N	094° 42' 31.0" W	29° 20' 43.0" N	094° 41' 30.0" W	102.4	1.4	6.7	00:12	0.75	0.4	VIS/RDR/GPS	15	9.00	15.00	E	B 0.08 / 0.08	1	BETWEEN BREAKWATERS	
32	Galveston South Jetty Light 5A	179.0	0.78	29° 20' 43.0" N	094° 41' 30.0" W	29° 18' 23.5" N	094° 37' 14.5" W	121.1	4.3	8.0	00:31	0.65		VIS/RDR/GPS	15	9.00	15.00	E	B 0.08 / 0.08	1		
33	SH-HI-154-I/A	110.0	0.91	29° 18' 23.5" N	094° 37' 14.5" W	29° 16' 07.5" N	094° 35' 53.5" W	111.8	1.7	8.0	00:12	0.55	0.65	VIS/RDR/GPS	15	9.00	15.00	E	B 0.4 / 0.08	1		
34	SH-HI-154-I/A	116.3	0.69	29° 16' 07.5" N	094° 35' 53.5" W	29° 16' 17.0" N	094° 36' 04.3" W	209.0	0.8	8.0	00:06			VIS/RDR/GPS	15	9.00	15.00	E	B 0.4 / 0.08	1	GALVESTON PGB	
35	SH-HI-154-I/A	110.6	0.75	29° 16' 17.0" N	094° 36' 04.3" W	29° 08' 92.0" N	094° 26' 50.0" W	130.9	1.1	8.0	01:23	1.3		VIS/RDR/GPS	15	9.00	15.00	E	A1 0.7 / 0.7	1	TSS ENTRANCE	
36	SPINNAKER-101-20	138.1	4.50	29° 08' 92.0" N	094° 26' 50.0" W	29° 06' 40.0" N	094° 25' 40.0" W	158.9	2.7	10.0	00:16	1.6		VIS/RDR/GPS	15	9.00	15.00	E	A1 0.7 / 0.7	1	PRECAUTIONARY AREA	
37	SPINNAKER-101-20	112.7	2.15	29° 06' 40.0" N	094° 25' 40.0" W	28° 58' 55.0" N	094° 25' 10.0" W	180.0	12.9	10.0	01:17	4.1		VIS/RDR/GPS	15	9.00	15.00	E	A1 1.3 / 0.7	1		
Total Distance:									70.73													

Рисунок 2.3 – Маршрутний лист (від причалу до початку морської ділянки)



Vessel Operating Procedures Manual
VOYAGE / PASSAGE PLANNING

14. GENERAL WAYPOINT INFORMATION

WP	From Waypoint			To Waypoint			Crs	Dist.	Spd	TTG	ETA	Method of Position Verification / Secondary	Verif. Freq. / Mtn.	Weather / Wind / Tides	Safety Contour	Safety Depth	Manning Condition	Catoc	XTD Port/Stbd	Sec. Info & Sec. Manning Level	Remarks, Isolated Dangers
	Lat	Lon		Lat	Lon																
38	28° 53.500 N	094° 25.400 W		27° 42.000 N	094° 25.400 W		180.0	71.21	11.8	00 06:01	19/04 22:58	VIS/RDR/GPS	60	See chart info	18	18	C1	C	1.3 / 0.7	1	NO SPEED RESTRICTION, PI-6.0, PI-3.6
39	27° 12.000 N	094° 25.400 W		26° 12.500 N	093° 13.500 W		144.3	110	11.8	00 09:19	20/04 05:00	GPS/CLST	240	See chart info	27	27	A	D	2 / 2	1	RECOMMENDED FAIRWAY EXIT
40	26° 12.500 N	093° 13.500 W		25° 41.000 N	092° 25.500 W		126.0	53.41	11.8	00 04:31	20/04 14:19	GPS/CLST	240	See chart info	27	27	A	D	2 / 2	1	NAECA EXIT
41	25° 41.000 N	092° 25.500 W		23° 40.000 N	083° 20.000 W		103.6	51.13	11.8	01 19:18	20/04 18:50	GPS/CLST	240	See chart info	27	27	A	D	2 / 2	1	
42	23° 40.000 N	083° 20.000 W		23° 40.000 N	081° 06.500 W		090.0	122.5	11.8	00 10:22	22/04 14:09	GPS/CLST	240	See chart info	27	27	A	C	2 / 2	1	STRAITS OF FLORIDA ENTRANCE
43	23° 40.000 N	081° 06.500 W		24° 44.800 N	079° 29.500 W		053.9	109.6	11.8	00 09:17	23/04 00:31	GPS/CLST	240	See chart info	10	19	C1	C	2 / 2	1	PI-8.2
44	24° 44.800 N	079° 29.500 W		26° 04.000 N	079° 25.000 W		003.0	79.07	11.8	00 06:41	23/04 09:49	RDR/GPS	60	See chart info	10	19	C1	C	2 / 2	1	
45	26° 04.000 N	079° 25.000 W		26° 15.500 N	079° 11.500 W		046.7	16.69	11.8	00 01:24	23/04 16:30	RDR/GPS	60	See chart info	10	19	C1	C	2 / 2	1	
46	26° 15.500 N	079° 11.500 W		26° 15.500 N	078° 54.500 W		090.0	15.38	11.8	00 01:18	23/04 17:55	RDR/GPS	60	See chart info	10	19	C1	B	2 / 2	1	NW PROVIDENCE CHANNEL ENTRANCE
47	26° 15.500 N	078° 54.500 W		25° 56.500 N	077° 49.500 W		107.9	61.56	11.8	00 05:12	23/04 19:13	RDR/GPS	60	See chart info	10	19	C1	B	2 / 2	1	ABEAM FREEPORT, PI-8.0
48	25° 56.500 N	077° 49.500 W		25° 41.300 N	077° 11.750 W		114.0	37.16	11.8	00 03:08	24/04 00:26	RDR/GPS	60	See chart info	10	19	C1	C	2 / 2	1	PI-8.0
49	25° 41.300 N	077° 11.750 W		25° 47.900 N	076° 28.700 W		080.4	39.57	11.8	00 03:21	24/04 03:35	RDR/GPS	60	See chart info	10	19	C1	C	2 / 2	1	ABEAM GREAT ABACO ISLAND, S CORNER
50	25° 47.900 N	076° 28.700 W		35° 53.700 N	006° 12.000 W		080.5	367.2	11.8	12 23:01	24/04 06:56	GPS/CLST	240	See chart info	27	27	A	D	2 / 2	1	NE PROVIDENCE CHANNEL EXIT
51	35° 53.700 N	006° 12.000 W		35° 53.700 N	008° 06.000 W		090.0	4.9	11.8	00 00:24	07/05 05:58	VIS/RDR/GPS	15	See chart info	10	19	D	B	1.1 / 2	1	TSS IN GIBRALTAR STRAIT ENTRANCE
52	35° 53.700 N	006° 06.000 W		35° 54.650 N	005° 45.000 W		086.8	17.1	11.8	00 01:26	07/05 06:23	VIS/RDR/GPS	15	See chart info	10	19	D	B	1.1 / 2	1	PI-6.1
53	35° 54.650 N	005° 45.000 W		35° 55.080 N	005° 36.200 W		086.6	7.1	11.8	00 00:36	07/05 07:50	VIS/RDR/GPS	15	See chart info	10	19	D	A1	0.9 / 0.9	1	PI-3.6
54	35° 55.080 N	005° 36.200 W		35° 59.550 N	005° 18.800 W		072.5	14.82	11.8	00 01:15	07/05 08:26	VIS/RDR/GPS	15	See chart info	10	19	D	A1	0.9 / 0.9	1	PI-2.15
55	35° 59.550 N	005° 18.800 W		36° 17.500 N	001° 43.500 W		084.1	175.3	11.8	00 14:50	07/05 09:41	GPS/CLST	240	See chart info	27	27	A	B	2 / 2	1	TSS IN STRAIT OF GIBRALTAR EXIT
56	36° 17.500 N	001° 43.500 W		37° 53.500 N	003° 30.000 E		069.1	268.5	11.8	00 22:44	08/05 00:32	GPS/CLST	240	See chart info	27	27	A	D	2 / 2	1	ABEAM CABO DE GATA
57	37° 53.500 N	003° 30.000 E		37° 53.500 N	008° 55.000 E		090.0	257.3	11.8	00 21:47	08/05 23:16	GPS/CLST	240	See chart info	27	27	A	D	2 / 2	1	
58	37° 53.500 N	008° 55.000 E		37° 34.000 N	010° 02.500 E		110.0	56.98	11.8	00 04:49	09/05 21:04	GPS/CLST	240	See chart info	10	19	C1	B	2 / 2	1	ABEAM GALITE ISL
59	37° 34.000 N	010° 02.500 E		37° 34.000 N	010° 13.400 E		090.0	8.68	11.8	00 00:44	10/05 01:54	RDR/GPS	60	See chart info	10	19	C1	B	1.5 / 1.5	1	TSS OFF CANI ISLAND ENTRANCE
60	37° 34.000 N	010° 13.400 E		37° 23.250 N	011° 08.000 E		103.9	44.76	11.8	00 03:47	10/05 02:38	GPS/CLST	240	See chart info	10	19	C1	B	2 / 2	1	TSS OFF CANI ISLAND EXIT
61	37° 23.250 N	011° 08.000 E		37° 18.950 N	011° 17.350 E		119.9	8.61	11.8	00 06:43	10/05 06:25	RDR/GPS	60	See chart info	10	19	C1	B	1.5 / 1.5	1	TSS OFF CAPE BON ENTRANCE
62	37° 18.950 N	011° 17.350 E		37° 05.000 N	011° 59.500 E		112.5	36.45	11.8	00 03:05	10/05 07:09	GPS/CLST	240	See chart info	10	19	C1	B	2 / 2	1	TSS OFF CAPE BON EXIT
63	37° 05.000 N	011° 59.500 E		36° 23.620 N	014° 46.870 E		107.1	140.8	11.8	00 11:55	10/05 10:14	GPS/CLST	240	See chart info	10	19	C1	D	2 / 2	1	ABEAM PANTELERIA ISLAND
64	36° 23.620 N	014° 46.870 E		36° 07.170 N	015° 53.000 E		107.1	55.95	11.8	00 04:44	10/05 22:09	GPS/CLST	240	See chart info	10	19	C1	D	2 / 2	1	ABEAM MALTA
65	36° 07.170 N	015° 53.000 E		32° 09.925 N	031° 20.175 E		107.1	804.8	11.8	02 20:10	11/05 02:54	GPS/CLST	240	See chart info	27	27	A	D	2 / 2	1	SICILIA CHANNEL EXIT
66	32° 09.925 N	031° 20.175 E		31° 45.550 N	031° 56.300 E		128.4	39.25	11.8	00 03:19	13/05 23:04	RDR/GPS	60	See chart info	10	18	C1	B	2 / 2	1	PI-6.3
Total											24	days	03:25	hr							

Рисунок 2.4 – Маршрутний лист (морська ділянка переходу)

Vessel Operating Procedures Manual
VOYAGE / PASSAGE PLANNING[illegible]

Рисунок 2.5 – Маршрутний лист (від морської ділянки переходу до якірної стоянки)

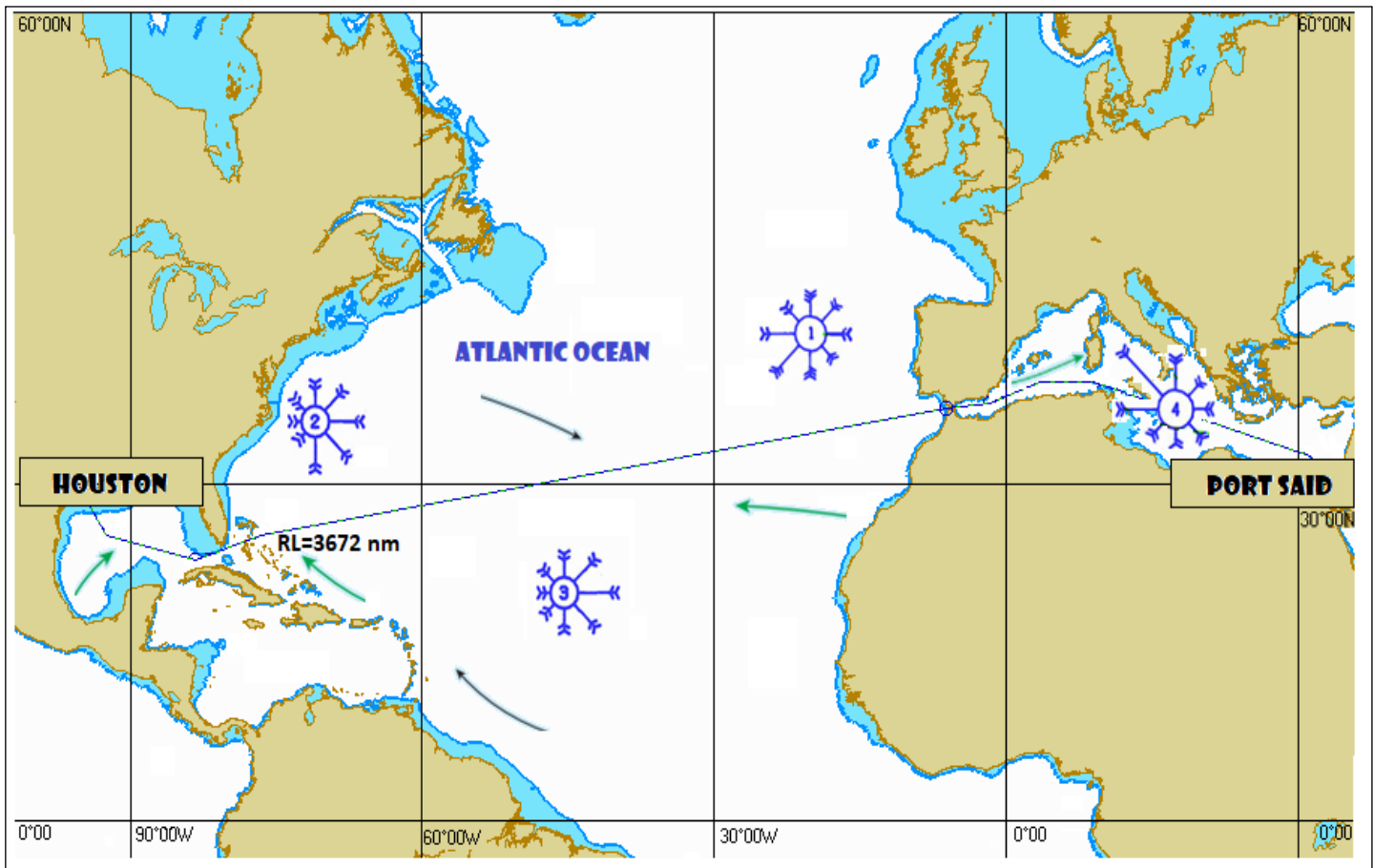


Рисунок 2.6 – Графічний план переходу Houston – Port Said

По широті місця судна φ та схиленню Сонця δ на моменти його сходу та заходу за формулою сферичної тригонометрії $\operatorname{tg} A = \sin t / (\operatorname{tg} \delta \cdot \cos \varphi - \sin \varphi \cdot \cos t)$ розрахуємо азимути Сонця (Z) при сході і заході.

Для отримання місцевого часу явища (Correct LMT) треба у табличний час ввести дві поправки – φ correction та λ correction.

$$\text{Correct LMT} = \text{LMT for } \varphi + \varphi \text{ correction} + \lambda \text{ correction} \quad (2.6)$$

Місцевий час явища переводимо у Гринвіцький:

$$\text{GMT} = \text{Correct LMT} \pm \lambda \quad (2.7)$$

Гринвіцький час явища переводимо в судновий:

$$\text{ZT} = \text{GMT} \pm \text{ZD} \quad (2.8)$$

Наведемо елементи освітленості на початок, середину та кінець рейсу у вигляді табл. 2.9.

Таблиця 2.9 – Елементи освітленості

Дата	ННС ZT	Сонце				КНС ZT	Місяць	
		Схід ZT	Z	Захід ZT	Z		Вік діб	Видимість
19.04	05:56	06:50	077,1°	19:50	282,9°	20:44	21	66%
01.05	04:07	05:03	072,4°	18:24	287,6°	19:20	4	19%
14.05	03:55	04:55	068,0°	18:39	292,0°	19:38	17	97%

2.3.5 Розрахунок висот приливів та побудова графіків приливів

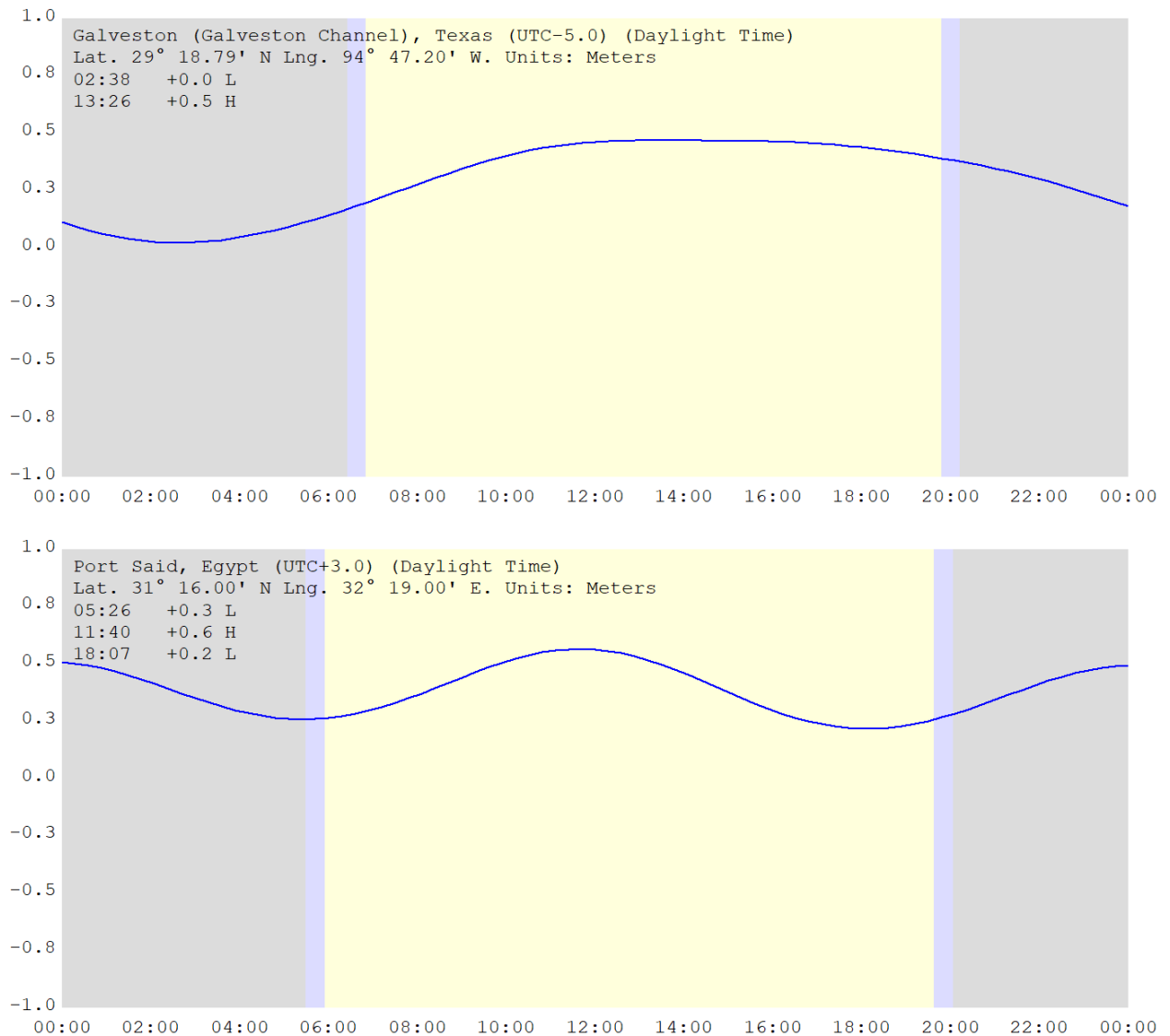


Рисунок 2.7 – Приливні явища та графіки приливів

РОЗДІЛ 3

ОБРОБКА І РОЗМІЩЕННЯ ВАНТАЖУ

3.1 Транспортні характеристики вантажів

Одним з важливих етапів складання оптимального вантажного плану є детальне вивчення транспортних характеристик та фізико-хімічних якостей вантажів, що пред'являються до перевезення.

Їх правильне урахування дозволяє визначити умови та технологію перевезення вантажів, забезпечує збережену доставку, раціональне оброблення вантажу в портах, максимально допустиме використання вантажопідйомності та вантажомісткості судна і забезпечує безпечність мореплавання.

3.1.1 Наливні вантажі

До навантаження в порту Houston приймається мазут двох сортів, торгова назва (Trade Name) – Fuel Oil No 1 «BOSTCO» та Fuel Oil No 2 «HOFTI».

Загальні відомості про вантаж (мазут).

Густа рідина, темно-коричневого кольору, залишок після відгону від нафти бензину, гасу й фракцій дизельного палива. Застосовують як котельне паливо для виробництва моторних палив, бітумів, коксу. Мазут класифікується по вмісту сірки: малосірчистий до 0,5%, сірчистий до 2%, високосірчистий до 3,5%. По призначенню підрозділяють на топковий та флотський. Флотський мазут має більшу теплотворну здатність та менш в'язкий у порівнянні з топковим. З водою утворює стійку емульсію. Навантаження й вивантаження мазуту проводиться при його високій температурі через високу в'язкість. При зберіганні мазуту утворюється легкозаймиста атмосфера.

Фізико-хімічні властивості.

Хімічний опис – флотський мазут. Синоніми: топковий мазут, низькосортний мазут, мазут розширеного складу, емульгований мазут, коксований мазут, мазут відповідаючий специфікації ASTM-396 (Американське товариство по випробуванню матеріалів), важке паливо, бункерне паливо, «Bunker C».

Фізичний стан в'язка рідина.

Питома вага 0,981-0,984 при 15°C (в даному випадку).

В'язкість 195-1950 мм² / с при 40°C.

Температура кипіння не визначена.

Температура замерзання 21°-30°C.

Тиск пару < 0,0069 кг / см² при 21°C.

Розчинність у воді практично не розчинний у холодній воді.

Вміст сірки 2-4%.

Хімічно стабільне з'єднання, не утворювалися небезпечних полімеризації. Вразливе до екстремально високих температур, сильних кислот і окислителям. До складу входять різні види нафтопродуктів і опадів від попередньої переробки, а також світлі каталітичні дистиляти та інші хімічні сполуки.

Пожежо-небезпечні властивості.

Середньо або слабо-вибухонебезпечна рідина. Горіння цієї речовини може супроводжуватися з виділенням чадного газу, вуглекислого газу, диму, незгорілого вуглеводню, оксидів сірки та азоту.

При особливих обставинах може стати «вибухонебезпечною рідиною». Справа в тому, що речовина, випаровуючись при температурах близьких до температури займання, утворює з повітрям за певних умов і в певних пропорціях пожежонебезпечну суміш. При тривалому зберіганні при високій температурі, знову ж таки в специфічних умовах, ця речовина може виділяти сірководень – вибухонебезпечний газ. Може акумулювати статичну електрику.

Температура спалаху – значення температури, при якому над поверхнею нафтопродукту з певною швидкістю утворюються пари. Швидкість утворення пари при цій температурі така, що після займання їх від відкритого джерела вони відразу ж гаснуть, якщо забрати джерело. Значення температури спалаху визначає ступінь пожежонебезпеки нафтопродукту.

Температура спалаху 65°-121°C.

Температура самозаймання 260°-343°C.

Нижній поріг займання 0,6-4,0%.

Верхній поріг займання 7-44%.

Умови перевезення.

Температура зберігання вантажу повинна бути на 5°C нижче температури спалаху. Температура навантаження становить, як правило, близько 45-55°C з урахуванням температурних втрат по довжині берегового трубопроводу. Продукт перевозиться, як правило, з підігрівом при температурі близько 60°C, необхідної для забезпечення повного вивантаження. Тому вимогою до перевезення є наявність підігріву на судні. Вимоги з безпеки, що пред'являються до перевезення даного вантажу, такі ж, як і для інших нафтопродуктів. Необхідно виключити використання відкритого полум'я в районі вантажний палуби. Крім того, при використанні електроприладів на відкритій палубі і в приміщеннях з вантажними насосами, вони повинні бути затверджені для застосування на танкерах.

Норма вантажних операцій (рейт) на даному танкері становить 6500 кубічних метрів на годину при навантаженні, та 5000 кубічних метрів при вивантаженні за рахунок роботи двох вантажних насосів по 2500 кубічних метрів на годину. Потужність насоса, що зачищає, становить 150 кубометрів на годину.

Після отримання судном рейсового завдання старший помічник капітану організовує роботи з підготовки вантажних танків до прийому вантажу, зазначеного в рейсовому завданні.

Керуючись посібником з підготовки вантажних танків до прийому нафтопродуктів («Tank Cleaning Guide»), а також з дотриманням вимог Конвенції MARPOL-73/78, вантажні танки наводяться в належний стан для прийому даного вантажу.

На підставі наведеної інформації по вантажу представимо у табл. 3.1 його транспортні характеристики.

Таблиця 3.1 – Транспортні характеристики вантажу

Назва вантажу	Вид тари	Паспортна густина вантажу $\rho^{15/4}$	IMDG Code					Норми вантажних робіт, т / добу	
			Номер ООН	Клас	Знак маркування	Категорія розміщення та обробка	Аварійні дії (АВК)	Вантаження	Вивантаження
FUEL OIL No 1 <i>BOSTCO</i>	Налив	0,981	3256	3		А	F-E, S-D	5000	4800
FUEL OIL No 2 <i>HOFTI</i>		0,984							

Основним документом, який регламентує перевезення небезпечних вантажів морем є IMDG Code (International Maritime Dangerous Goods Code). Оскільки цей Кодекс входить як доповнення до Конвенції SOLAS-74, Глави VII, частина А, Правило VII 1.3 цієї глави забороняє перевезення небезпечних вантажів морем крім тих випадків, коли вона здійснюється у відповідність з IMDG Кодексом.

Допоміжні документи:

– Перевірочне лист з безпеки (документ, відомий як Material Safety Data Sheet (MSDS));

- Міжнародне керівництво з безпеки для нафтових танкерів і терміналів (ISSGOT);
- Рекомендації ООН з перевезення небезпечних вантажів. Типові правила (ST / sc / ac, 10/1 / Rev.10).

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

Одним з важливих етапів підготовки до розрахунку вантажного плану є детальне вивчення транспортних характеристик і властивостей вантажів, які визначають умови їхнього перевезення, перевантаження й зберігання.

Підготовка до навантаження проводиться в наступній послідовності:

1) Відправник вантажу до початку навантаження представляє капітану Декларацію (інформацію) про вантаж, у якій вказуються дані про вантаж: найменування вантажу та його фізико-хімічні властивості, види небезпеки, вимоги до чистоти танків і технологічний режим перевезення. На підставі Декларації виконується додаткове зачищення танків, а в нашому випадку ще й необхідність інертизації.

2) Мийка танків (зачищення) виконується, керуючись посібником з підготовки вантажних танків до прийому нафтопродуктів (Tank Cleaning Guide) і вимогами Міжнародної конвенції по запобіганню забруднення моря із суден 1973 р. та Протоколу 1978 р. (MARPOL-73/78).

Основний принцип вимог до якості відмитої поверхні вантажних танків полягає в тому, під який вантаж готуються вантажні танки, та які три останніх вантажі раніше перевозилися танкером. У нашому випадку, три останніх вантажі були світлі нафтопродукти (1. Naphta, 2. Naphta, 3. Gasoline). У зв'язку із цим вимоги до чистоти танків для приймання вантажу, у даній вантажній

комбінації, не високі (іноді навіть допускається приймання вантажу поверх залишків попереднього).

У кожному разі при мийці танків виконуються наступні роботи:

- 1) Мийка вантажного трубопроводу;
- 2) Мийка танків мийними машинкам (у нашому випадку допускається холодною водою);
- 3) Вентиляція танків.

Перед постановкою танкера під навантаження необхідно обпресувати вантажну та зачисну магістралі забортною водою на робочий тиск, попередньо прокачавши їх цією водою.

Варто перевірити час відкриття й закриття дистанційно керованих клінкетів вантажних систем (про що складають спеціальний акт). Крім того, перевіряють щільність закриття клінкетів у насосному відділенні та кінгстонів.

Необхідно перевірити справність шлангуєчих пристроїв, шлангів, вантажного крана, призначеного для підтримки шлангів. Крім того, оглядають маркування шлангів та при необхідності відновлюють його. Обов'язково проводять гідравлічне випробування шлангів (передбачене інструкцією); про факт проведення випробувань, часу й пробному тиску роблять запис у машинному журналі.

Перед навантаженням перевіряють засоби контролю, сигналізації (про заповнення танків на 95% та 98%). Крім того, перевіряють справність пристрою, що відтинає, для зупинки перекачування вантажу (яке повинне бути пов'язане з подібним пристроєм, що відтинає, на вантажній базі), а також засобів освітлення палуби в районі маніфолдів.

Також необхідно переконатися в надійності заповнення вантажних танків інертним газом.

Особливо ретельно вантажний помічник повинен перевірити закриття клінкетів зачисної системи (оскільки іноді вахтові матроси забувають їх закривати). Перевіряють також систему аварійної зупинки вантажних насосів.

Старший помічник капітана повинен перевірити готовність протипожежних засобів.

Особливу увагу необхідно приділити перевірці закриття всіх шпігатів на вантажній палубі (через які в море може потрапити нафтопродукт), глушіння невикористовуваних при вантажних операціях патрубків вантажного й зачисного палубних трубопроводів. Варто перевірити установку піддонів під фланці прийомного трубопроводу. Підготувати газовідвідну систему до вантажних операцій.

При виконанні всіх цих (та інших) операцій відповідальні особи судна заповнюють спеціальну «Декларацію про готовність судна до вантажних операцій».

Підготовлені танки пред'являються представникові відправника вантажу для огляду й придатності до прийому даного вантажу. Складається «Акт про придатність танків до навантаження». У випадку відмови відправника вантажу від огляду танків, запрошується компетентний незалежний сюрвейєр, що своїм рапортом підтверджує придатність танків для прийому даного вантажу.

Навантаження та вивантаження супроводжуються оформленням ряду документів, що проходять через судно й візуються капітаном, вантажним помічником та береговими сюрвейєрами. Для зручності ознайомлення з великим числом цих документів вони умовно розділені на п'ять категорій залежно від виконуваних функцій: загальні документи вантажного звіту; документи про кількість і приналежність вантажу; документи, що засвідчують якісний стан вантажу й відображають дефекти перевезення; документи про час поводження з вантажем на судні; інші документи.

Нижче даний перелік основних документів, прикладених до вантажного звіту для основних варіантів вантажоперевезень і короткі пояснення по змісту й оформленню вантажних документів.

Загальні документи вантажного звіту.

Рейсовий звіт капітана.

Переписка капітана по загальних питаннях перевезень, у тому числі може бути рапорт про коректування запланованого часу на даний рейс із додатком виписок із суднових журналів та інших документів, які можуть служити підставою для коректування термінів рейсу.

Копія рейсового плану-графіка.

Виконавчий вантажний план, виконаний у графічній формі із вказівкою маси та обсягу вантажу в кожному танку; підписується капітаном і старшим помічником капітана.

Документи про кількість і приналежність вантажу.

Ордер на вантаж – первинний транспортний документ, що містить всі необхідні дані про вантаж і слугує підставою для його приймання на судно або виписки коносаменту на цей вантаж; підписується відправником вантажу та візується начальником вантажного відділу порту. У випадках передачі вантажу на судно на підставі ордера на вантаж старший помічник ставить свій підпис на копіях ордера на вантаж, які із цього моменту називаються штурманською розпискою. Видача штурманської розписки відправникові вантажу покладає на вантажоперевізника відповідальність за схоронність вантажу. Тому старший помічник капітана повинен перевірити як сам факт надходження вантажу на судно, так і його стан (необхідна температура, тиск, тощо), перш ніж розписуватися на ордері на вантаж.

Коносамент – документ, який видається судновласником або його агентом власникові вантажу, що відправляється морем, у посвідчення факту прийняття його до перевезення. Коносамент є документом, що містить умови й застереження договору морського перевезення. У практиці судноплавства застосовується велика кількість стандартних форм коносаментів. У каботажних перевезеннях застосовуються коносаменти, що містять ті ж дані, що й ордер на вантаж. Вони підписуються звичайно компанією або її агентом і відправником вантажу; візуються капітаном.

Сюрвейерські акти – документи, що заповнюються перед та після прийому або здачі вантажу старшим помічником капітана та береговими сюрвейєрами. У кожному сюрвейєрському акті вказується кількість вантажу на судні в момент підрахунків. По різниці між початковим актом та кінцевим розраховується кількість завантаженого або вивантаженого вантажу. Підписуються сторонами, що здає й приймає.

Доручення на одержання вантажу із судна – доручення представників вантажоодержувача на закриття (підписання) коносаментів, видаються одержувачем вантажу, містять зразок підпису експедитора (якщо такий є), засвідчуються керівником підприємства й головним бухгалтером, скріплюються печаткою підприємства.

Документи, що засвідчують якісний стан вантажу.

Акти огляду вантажних приміщень – акти про готовність танків до приймання вантажу у випадку їхнього огляду у зв'язку зі зміною вантажу, складаються комісією в складі старшого помічника капітана, другого механіка, боцмана й інших осіб за вказівкою капітана; засвідчуються капітаном.

Якісні посвідчення – специфікація на вантажі, якісні сертифікати та інші документи, що засвідчують якість даного вантажу. Видаються офіційними організаціями й лабораторіями.

Морський протест – заява капітана про прийняття екіпажем всіх заходів щодо забезпечення схоронності вантажу з метою захисту інтересів судновласника, коли втрата або втрата якості вантажу відбулися в результаті дій непереборної сили або схованих або незаявлених недоліків вантажу. Підписується капітаном та членами екіпажа, засвідчується нотаріусом або іншою посадовою особою, що має право на здійснення нотаріальних дій. До морського протесту додаються завірені виписки із судового журналу.

Акти експертизи на зіпсований вантаж – засвідчують зміну (погіршення) якості вантажу. Підписуються експертами й скріплюються печатками бюро, інспекціями, лабораторіями.

Комерційний акт – документ, що складається перевізником або його представником у порту призначення в посвідчення факту недостачі вантажу або погіршення його якості. У комерційному акті вказуються основні відомості про вантаж, результати перевірки, докладний опис дефектів вантажу, а також номери актів експертизи, якщо при передачі вантажу призначалася експертиза. Комерційний акт служить підставою для покладання матеріальної відповідальності на перевізника за несхоронність вантажу. Він підписується представниками порту, вантажоодержувача й капітаном.

Перевірочні аркуші параметрів вантажу – містять відомості про параметри вантажу за увесь час знаходження його на борту.

Документи про час поводження з вантажем на судні.

Повідомлення капітана (нотіси) про готовність судна до здійснення вантажних операцій.

Акт обліку стояночного часу – містить докладні відомості про виробничі операції та непродуктивні простої за час стоянки судна в порту й служить підставою для розрахунків між компанією та портом. Підписується капітаном, диспетчером порту, представником відправника вантажу (вантажоодержувача).

Інші документи.

Дісбурсментський рахунок – документ, що містить перелік витрат, понесених судновим агентом по обслуговуванню судна в порту. Бланк стандартного рахунку включає більше трьох десятків статей витрат: портові витрати (кілька статей), витрати по вантажних операціях та витрати судна (також кілька статей), різні витрати (ремонтні, госпітальні, замовлення бланків, тощо). Оскільки капітан не завжди може мати достовірні відомості про всі тарифи по пред'явлених витратах або сумнівається в правильності виправдувальних документів і сумі витрат, він підтверджує цю суму умовно із застереженням, що зазначена сума повинна бути схвалена судновласником. Дісбурсментський рахунок завіряють підписами його агент судна (судновласника), що склав капітан. До цього рахунку додають всі копії

розписок капітана або старшого помічника, зроблені ними при оформленні окремих послуг.

Акт інспекції – акт із підписом сюрвейєра на якість вантажу або його зміни. До акту необхідно прикласти копію листа про замовлення (запрошення) сюрвейєра й акт про час його роботи. Лист-запрошення підписується агентом і старшим помічником капітана, акт – сюрвейєром та старшим помічником капітана.

Акт про нещасний випадок, якщо він мав місце у зв'язку з виконанням вантажних операцій.

Гарантійний лист про відшкодування збитку відправником вантажу по загальній аварії й інших витратах по вантажам, що відправляються.

Акти по сталійному часу, які складають при виникненні суперечок по вирахуванню періоду часу вантажних робіт.

Виписки із суднових журналів є важливим джерелом, що дає можливість підтвердити які-небудь події, що характеризують умови плавання або дії екіпажа по забезпеченню схоронності перевезення вантажів.

Копії листів та радіограм до агентів, одержувачам і т.п., пов'язані із забезпеченням схоронності вантажу й витратами на понаднормові роботи (овертайм).

Радіограми агента капітанові про доходи судна за перевезення вантажів і витратах, пов'язаних з обробкою судна у відповідному порту.

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

Як правило, фрахтувальник та судновласник передбачають процедуру відбору проб, що призначена, насамперед, для захисту інтересів кожної зі сторін. Незважаючи на те, що при оформленні перевезення, незалежний сюрвейєр зобов'язаний поставити на борт судна комплект проб, передбачених

договором на перевезення, судновласник, для захисту своїх інтересів, передбачає процедуру відбору проб судновим екіпажем. Тому на судні повинне бути все необхідне обладнання (ємності, наклейки, пломби, пробовідбірники та ін.), а судновласник повинен у комплекті суднової документації мати чіткі інструкції з відбору, зберігання й утилізації проб вантажу. Проби відбираються незалежним сюрвейєром разом із представниками судна перед початком навантаження, під час навантаження, після закінчення навантаження й перед вивантаженням.

У більшості випадків, судновласник передбачає зберігання проб вантажу на борту судна не менше 12 місяців з моменту вивантаження. Мінімальний термін зберігання проб визначається тим часом, протягом якого фрахтувальник робить необхідне фінансове та юридичне оформлення перевезення (оплата фрахту). Тому капітан повинен періодично запитувати судновласника про те, які проби вантажу необхідно зберігати на борту, а які можна утилізувати.

3.3 Розрахунок чистої вантажопідйомності судна

Повна розрахункова водотоннажність судна Δ_p , що служить вихідною величиною при визначенні його чистої вантажопідйомності Δ_c на рейс, залежить від вантажних марок у портах навантаження 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 часу року.

Перехід Houston – Port Said проходить в зоні дії літньої вантажної марки без обмежень по осаді. За розрахункову водотоннажність приймаємо, встановлену для зони дії літньої вантажної марки.

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

$$\Delta_p = 121449 \text{ т.}$$

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

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

де: Δ_0 – водотоннажність судна порожнього, т.

$$\Delta_w = 121449 - 16069 = 105380 \text{ т.}$$

Ходовий час визначається за формулою:

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

де: V_s – швидкість судна;

S – протяжність траси переходу, милі;

$t_{зп}$ – час затримок судна в дорозі, діб.

$$t_x = 6937,8 / (11,8 \cdot 24) + 0,2 = 24,7 \text{ доби.}$$

Нормативна тривалість стоянкового часу розраховується за формулою:

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

де: Q_i – маса вантажу одного найменування, т;

n – кількість найменувань вантажу (обов'язкових та факультативних);

M – валова норма вантажних робіт, т/добу.

Стояночний час розраховують умовно приймаючи:

$$\sum_{i=1}^n Q_i = \Delta_w.$$

$$t_{ст} = 105380 / (5000 \cdot 24 \cdot 0,981) = 0,9 \text{ доби.}$$

Кількість вантажу, що може прийняти судно, залежить від величини запасів. Зазвичай немає необхідності враховувати стоянкові запаси, що витрачаються в порту навантаження, тому що до моменту закінчення навантаження стоянкові запаси, передбачені на час навантаження будуть витрачені.

Тому загальна кількість рейсових запасів $P_{\text{зап}}$ розраховується як сума ходових запасів $P_{\text{зап}}^x$ 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 становить суму:

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

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

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

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

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

де: $q_{\text{п}}^x$, $q_{\text{в}}^x$, $q_{\text{м}}^x$ – добова норма витрачання палива, води та 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 5 діб.

$$P_{\text{п}}^x = 35,4 \cdot (24,7 + 5) = 1051,4 \text{ т.}$$

$$P_{\text{в}}^x = 5 \cdot (24,7 + 5) = 148,5 \text{ т.}$$

$$P_{\text{м}}^x = 0,21 \cdot (24,7 + 5) = 6,2 \text{ т.}$$

$$P_{\text{зап}}^x = 1051,4 + 148,5 + 6,2 = 1206,1 \text{ т.}$$

Аналогічно знаходять кількість стоянкових запасів:

$$P_{\text{зап}}^{\text{ст}} = P_{\text{п}}^{\text{ст}} + P_{\text{в}}^{\text{ст}} + P_{\text{м}}^{\text{ст}};$$

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

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

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

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

$$P_{\text{п}}^{\text{ст}} = 3,5 \cdot 0,9 = 3,2 \text{ т.}$$

$$P_{\text{в}}^{\text{ст}} = 5 \cdot 0,9 = 4,5 \text{ т}$$

$$P_{\text{ст}_m}^{\text{ст}} = 0,03 \cdot 0,9 = 0,03 \text{ т.}$$

$$P_{\text{зап}}^{\text{ст}} = 3,2 + 4,5 + 0,03 = 7,73 \text{ т.}$$

$$P_{\text{зап}} = 1206,1 + 7,73 = 1213,83 \approx 1213,8 \text{ т.}$$

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

Запаси палива, мастила та води прийнято трохи більше чим необхідно на рейс.

На відхід на судні було: важкого палива 1696,2 т; дизельного палива 207,5 т; води 185 т; мастила 50,5 т. Всього $P_{\text{зап}} = 2139,2 \text{ т.}$

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

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

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

$$\Delta_{\text{ч}} = 105380 - (2139,2 + 300) = 102940,8 \text{ т.}$$

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

Кількість вантажу в кожному танку визначається з урахуванням його розширення від підвищення температури повітря.

В даному рейсі вантаж приймається з температурою $+39,5^{\circ}\text{C}$.

Аналізуючи значення температур на переході, робимо висновок, що температура вантажу в існуючому діапазоні зміни температури не перевищуватиме температуру завантаження.

Паспортна густина вантажу – $\rho^{15/4} = 0,981\text{-}0,984$; виправлення густини при розширенні вантажу на 1°C складає – $\lambda = 0,000528$; температура вантажу при навантаженні $t_{\text{max}} = 39,5^{\circ}\text{C}$.

Порядок розрахунку ρ_{min} при $t = 39,5^{\circ}\text{C}$:

$$\rho_{\text{min}} = \rho^{15/4} + 0,000528 (15^{\circ} - 39,5^{\circ}) = 0,981 + 0,000528 (15^{\circ} - 39,5^{\circ}) = 0,968.$$

Допустимий обсяг всіх танків (при заповненні на 100%) складає:

$$\lim W_{\text{т}} = 117060 \text{ м}^3.$$

Відповідно до вимог «Міжнародного керівництва з безпеки для нафтових танкерів і терміналів» (ISGOTT) судно має право заповнювати вантажні танки тільки на 98%. Обсяг всіх танків (при заповненні на 98%) складає:

$$W_{T98\%} = 114719 \text{ м}^3.$$

Маса вантажу при заповненні танків на 98% та густині $\rho_{\min}$ (при $t_{\text{гр}} = 39,5^\circ\text{C}$) складає:

$$P_T = W_{T98\%} \cdot \rho_{\min} = 114719 \cdot 0,968 = 111049,0 \text{ т.}$$

Проте така кількість вантажу перевищує чисту вантажопідйомність.

Таким чином ми визначили максимальну кількість вантажу, яке судно може взяти до перевезення в даному рейсі $Q = 102940,8 \text{ т.}$

Немає необхідності перевіряти запас пустот у вантажних танках, так як температура вантажу не перевищуватиме температуру завантаження.

Згідно рейсовому завданням (Voyage Order) судно повинне завантажити $Q = 90027,47 \text{ т.}$ вантажу.

Таблиця 3.2 – Відомості про масу та обсяг партій вантажу

Назва вантажу	Маса вантажу Q_i	Густина вантажу		Об'єм, який займає вантаж, V_i	
		$t_b = 15^\circ\text{C}$	$t_b = 39,5^\circ\text{C}$	$t_b = 15^\circ\text{C}$	$t_b = 39,5^\circ\text{C}$
Fuel Oil No 1 BOSTCO	51465,26 т	0,981 т/м ³	0,968 т/м ³	52462,04 м ³	53166,59 м ³
Fuel Oil No 2 HOFTI	38562,21 т	0,984 т/м ³	0,968 т/м ³	39189,24 м ³	39837,00 м ³
ВСЬОГО	90027,47 т	—	—	91651,28 м ³	93003,59 м ³
Вантаж приймається на судно за температурою (підігрітим) – $39,5^\circ\text{C}$.					

3.4 Складання вантажного плану

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

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

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

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

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

W_c – вантажомісткість судна, m^3 ;

n – кількість вантажних приміщень.

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

$$Q_i = K_i \cdot Q_{\text{заг}}.$$

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

При складанні вантажного плану для наливного судна необхідно враховувати максимальне заповнення вантажних танків на 98% з урахуванням можливого збільшення об'єму вантажу в процесі перевезення, пов'язаного з підвищенням температур зовнішнього середовища.

Таблиця 3.3 – Розподіл вагового навантаження по вантажним приміщенням судна

Найменування вантажного приміщення	Вантажомісткість вантажного приміщення W_i	Коефіцієнт порівняння, K_i	Допустима максимальна вагова навантаження вантажного приміщення Q_i
NO.1 C.O.T. (P)	8847,0 м ³	0,07774	6998,7 т
NO.1 C.O.T. (S)	8855,1 м ³	0,07781	7005,5 т
NO.2 C.O.T. (P)	10123,2 м ³	0,08896	8008,8 т
NO.2 C.O.T. (S)	10123,2 м ³	0,08896	8008,8 т
NO.3 C.O.T. (P)	10123,2 м ³	0,08896	8008,8 т
NO.3 C.O.T. (S)	10123,2 м ³	0,08896	8008,8 т
NO.4 C.O.T. (P)	10123,2 м ³	0,08896	8008,8 т
NO.4 C.O.T. (S)	10123,2 м ³	0,08896	8008,8 т
NO.5 C.O.T. (P)	10123,2 м ³	0,08896	8008,8 т
NO.5 C.O.T. (S)	10123,2 м ³	0,08896	8008,8 т
2 nd SLOP TANK (P)	8016,9 м ³	0,07045	6342,4 т
1 st SLOP TANK (S)	7092,8 м ³	0,06232	5610,5 т
ВСЬОГО	113797,4 м ³	1	90027,5 т

Відхилення завантаження вантажного приміщення від розподіленої маси не повинно перевищувати 20%.

Таблиця 3.4 – Розміщення вантажу

Найменування приміщень	Місткість 98%	m	V
1	2	3	4
NO.1 C.O.T. (S)	8855,1 м ³	7495,92 т	7743,72 м ³
NO.2 C.O.T. (P)	10123,2 м ³	6815,53 т	7040,84 м ³
NO.2 C.O.T. (S)	10123,2 м ³	6809,71 т	7034,82 м ³
NO.3 C.O.T. (P)	10123,2 м ³	8931,2 т	9226,45 м ³
NO.3 C.O.T. (S)	10123,2 м ³	8942,14 т	9237,75 м ³

Продовження таблиці 3.4

1	2	3	4
NO.4 C.O.T. (P)	10123,2 м ³	7170,51 т	7407,55 м ³
NO.4 C.O.T. (S)	10123,2 м ³	6521,07	6736,64 м ³
NO.5 C.O.T. (P)	10123,2 м ³	9299,75	9607,18 м ³
NO.5 C.O.T. (S)	10123,2 м ³	9304,9	9612,5 м ³
2 nd SLOP TANK (P)	8016,9 м ³	5624,82	5810,76 м ³
1 st SLOP TANK (S)	7092,8 м ³	5620,57	5806,37 м ³
ВСЬОГО ВАНТАЖУ		90027,47	93003,59 м ³

3.5 Характеристика експлуатаційних умов рейсу

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

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

Відстань між портами: $S = 6937,8$ милі.

Час виконання рейсу: квітень-травень місяці.

Порт відходу: Houston, USA (29°45'N 095°20'W).

Густина води: $\rho = 1,000$ т/м³.

Houston – великий порт США та місто на річці Баффало-Бсю, в 80 км від північного узбережжя Мексиканської затоки (штат Техас). Порт Houston включає однойменний судноплавний канал, що зв'язує його з Мексиканською затокою, частина берегів річки, причали і пірси. Одночасно в порту можуть оброблятися понад 100 суден.

У порту Houston діє літня вантажна марка.

Прісна вода: в наявності.

Ремонт: 12 компаній, які експлуатують набережні споруди для будівництва, ремонту та переобладнання океанських суден, барж, морських бурових платформ та буксирів та інших типів суден.

Бункеровка: доступні всі сорти, надається баржами на замовлення.

Державні свята: Різдво, День праці. Коли свята припадають на суботу, свято вважатиметься звичайним суботнім понаднормовим днем. Коли свята припадають на неділю, наступний понеділок буде визнаний святом.

Час роботи: протягом 24 годин.

Необхідні документи на прихід / відхід:

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

Порт приходу: Port Said, Egypt (31°28'N 032°19'E).

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

У порту Port Said діє літня вантажна марка.

Port Said розташований біля північного входу до Суецького каналу, обхідний канал, побудований між 17 км та Середземним морем. В порту є 20 буксирів, потужність яких варіюється від 320-4000 к.с.

Бункеровка: всі сорти бункера доступні. Мінімальна кількість бункера 200 т.

Державні свята: Мувль-ель-Набі, День праці, Шам-ель-Нессім, День революції, День евакуації (18 червня), Рамадан Байрам (кінець Рамадану), День революції Лівії, День збройних сил, Курбан-Байрам, п'ятниця – тижневий день відпочинку, але це не впливає на працю.

Час роботи: протягом 24 годин.

РОЗДІЛ 4

ОЦІНКА МОРЕХІДНИХ ЯКОСТЕЙ СУДНА

4.1 Розрахунок водотоннажності й координат центра ваги судна

Для оцінки морехідних якостей використовувались «Інформація про остійність» (BGZ021/SF-003 – Loading Manual and Stability Information), схвалена класифікаційним товариством Lloyds Register of Shipping. Координати центру ваги запасів та баласту в частково заповнених танках визначалися по фактичному заповненню з використанням каліброваних таблиць танків приведених в «Інформації про остійність».

Абсциси відраховуються від мідель-шпангоуту та мають знак в кормовій частині «+», а в носовій частині «-». Диферент на корму має знак «+», а на ніс «-». Розподіл запасів на судні на відхід та прихід представлено у табл. 4.1 та табл. 4.2.

Таблиця 4.1 – Розподіл запасів на відхід

Найменування цистерн	Місткість	Маса	Плечі, м		Моменти, тм	
	т	т	х	z	M_x	M_z
1	2	3	4	5	6	7
Важке паливо $\rho = 0,960 \text{ т/м}^3$						
FORE F.O.T. (P)	512,8	405,0	75,49	13,71	30573	5553
FORE F.O.T. (S)	553,0	430,3	75,49	13,84	32483	5955
AFT F.O.T. (P)	378,7	326,0	81,48	16,00	26562	5216
AFT F.O.T. (S)	734,5	410,0	83,09	14,08	34067	5773
NO.1 HFO.SETT.T. (P)	37,1	35,9	78,61	14,39	2822	517
NO.1 HFO.SERV.T. (P)	27,3	26,4	80,66	14,64	2129	386
NO.2 HFO.SETT.T. (P)	27,3	26,1	82,30	14,61	2148	381

Продовження таблиці 4.1

1	2	3	4	5	6	7
NO.2 HFO.SERV.T. (P)	37,1	36,5	84,35	14,39	3079	525
ВСЬОГО		1696,2	78,92	14,33	133863	24306
Дизельне паливо $\rho = 0,88 \text{ т/м}^3$						
DIESEL O.T. (P)	188,7	186,9	103,21	18,73	19290	3501
D.O.SERV.T.(P)	21,1	20,6	101,90	19,49	2099	401
ВСЬОГО		207,5	103,08	18,8	21389	3902
Мастило $\rho = 0,92 \text{ т/м}^3$						
M/E L.O. SUMP. T. (C)	21,1	8,8	90,40	1,18	796	10
M/E L.O. SEET. T. (P)	23,7	9,4	98,29	18,62	924	175
M/E L.O. STOR. T. (P)	23,6	9,6	95,83	18,63	920	179
S/T L.O. SUMP. T. (C)	2,7	1,2	94,19	1,05	113	1
NO.1 CYL.O.STOR.T.(P)	7,7	4,3	89,27	18,85	384	81
NO.2 CYL.O.STOR.T.(P)	46,5	17,2	92,14	18,56	1585	319
ВСЬОГО		50,5	93,5	15,15	4722	765
Вода $\rho = 1,00 \text{ т/м}^3$						
FRESH W.T. (C)	199,6	120,0	103,07	17,88	12368	2146
FRESH W.T. (S)	106,1	65,0	102,75	17,89	6679	1163
ВСЬОГО		185,0	102,96	17,89	19047	3309
ВСЬОГО ЗАПАСІВ		2139,2	83,69	15,09	179021	32282

Таблиця 4.2 – Розподіл запасів на прихід

Найменування цистерн	Місткість	Маса	Плечі, м		Моменти, тм	
	т	т	х	z	M_x	M_z
1	2	3	4	5	6	7
Важке паливо $\rho = 0,960 \text{ т/м}^3$						
AFT F.O.T. (P)	378,7	286,9	81,48	15,48	23377	4441

Продовження таблиці 4.2

1	2	3	4	5	6	7
AFT F.O.T. (S)	734,5	410,0	83,09	14,08	34067	5773
NO.1 HFO.SETT.T. (P)	37,1	35,9	78,61	14,39	2822	517
NO.1 HFO.SERV.T. (P)	27,3	26,4	80,66	14,64	2129	386
NO.2 HFO.SETT.T. (P)	27,3	26,1	82,30	14,61	2148	381
NO.2 HFO.SERV.T. (P)	37,1	36,5	84,35	14,39	3079	525
ВСЬОГО		821,8	82,29	14,63	67622	12023
Дизельне паливо $\rho = 0,88 \text{ т/м}^3$						
DIESEL O.T. (P)	188,7	186,9	103,21	18,73	19290	3501
D.O.SERV.T.(P)	21,1	20,6	101,90	19,49	2099	401
ВСЬОГО		207,5	103,08	18,8	21389	3902
Мастило $\rho = 0,92 \text{ т/м}^3$						
M/E L.O. SUMP. T. (C)	21,1	8,8	90,40	1,18	796	10
M/E L.O. SEET. T. (P)	23,7	7,4	98,29	18,49	727	137
M/E L.O. STOR. T. (P)	23,6	9,6	95,83	18,63	920	179
S/T L.O. SUMP. T. (C)	2,7	1,2	94,19	1,05	113	1
NO.1 CYL.O.STOR.T.(P)	7,7	4,3	89,27	18,85	384	81
NO.2 CYL.O.STOR.T.(P)	46,5	13,0	92,14	18,43	1198	240
ВСЬОГО		44,3	93,41	14,63	4138	648
Вода $\rho = 1,00 \text{ т/м}^3$						
FRESH W.T. (C)	199,6	40,0	103,07	16,79	4123	672
FRESH W.T. (S)	106,1	21,5	102,75	16,77	2209	361
ВСЬОГО		61,5	102,96	16,8	6332	1033
ВСЬОГО ЗАПАСІВ		1258,6	79,04	13,99	99481	17606

Розподіл вантажів представлено в табл. 4.3.

Для забезпечення на прихід в порт призначення посадки судна на рівний киль необхідно прийняти баласт (табл. 4.4).

Таблиця 4.3 – Розподіл вантажу

Найменування приміщень	Місткість	Маса	Заповнення,	Плечі, м		Моменти, тм	
	98%, м ³	т	%	x	z	M _x	M _z
NO.1 C.O.T. (P)	8847,0	7491,35	86	-82,18	10,71	-615639	80232
NO.1 C.O.T. (S)	8855,1	7495,92	86	-82,18	10,71	-616015	80281
NO.2 C.O.T. (P)	10123,2	6815,53	68	-53,77	8,99	-366471	61272
NO.2 C.O.T. (S)	10123,2	6809,71	68	-53,77	8,99	-366158	61219
NO.3 C.O.T. (P)	10123,2	8931,20	90	-24,37	11,04	-217653	98600
NO.3 C.O.T. (S)	10123,2	8942,14	90	-24,37	11,04	-217920	98721
NO.4 C.O.T. (P)	10123,2	7170,51	72	5,03	9,37	36068	67188
NO.4 C.O.T. (S)	10123,2	6521,07	66	5,03	8,81	32801	57451
NO.5 C.O.T. (P)	10123,2	9299,75	94	34,43	11,41	320190	106110
NO.5 C.O.T. (S)	10123,2	9304,90	94	34,43	11,41	320368	106169
2 nd SLOP TANK (P)	8016,9	5624,82	71	60,91	9,71	342608	54617
1 st SLOP TANK (S)	7092,8	5620,57	81	60,91	9,79	342349	55025
ВСЬОГО ВАНТАЖУ		90027,47	–	-11,17	10,3	-1005472	926885

Таблиця 4.4 – Розподіл баласту на прихід

Найменування цистерн	Місткість	Маса	Плечі, м		Моменти, тм	
	т	т	x	z	M _x	M _z
AFT PEAK TANK	1556,2	520,0	104,31	11,79	54241	6131
ВСЬОГО БАЛАСТУ		520,0	104,31	11,79	54241	6131

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

Таблиця 4.5 – Зведені дані та розрахунок водотоннажності на відхід

Найменування статей навантаження	<i>НА ВІДХІД</i>				
	Маса	Плечі, м		Моменти, тм	
	т	х	z	М _х	М _z
Судно порожнем	16069	8,53	10,96	137069	176116
Екіпаж, провізія, постачання	300,0	78,50	11,80	23550	3540
Суднові запаси	2139,2	83,69	15,09	179021	32282
Вантаж	90027,47	-11,17	10,30	-1005472	926885
ВСЬОГО ВОДОТОННАЖНІСТЬ	108535,7	-6,13	10,49	-665832,0	1138823,0

Таблиця 4.6 – Зведені дані та розрахунок водотоннажності на прихід

Найменування статей навантаження	<i>НА ПРИХІД</i>				
	Маса	Плечі, м		Моменти, тм	
	т	х	z	М _х	М _z
Судно порожнем	16069	8,53	10,96	137069	176116
Екіпаж, провізія, постачання	300,0	78,50	11,80	23550	3540
Суднові запаси	1258,6	79,04	13,99	99481	17606
Вантаж	90027,47	-11,17	10,30	-1005472	926885
Баласт	520,0	104,31	11,79	54241	6131
ВСЬОГО ВОДОТОННАЖНІСТЬ	108175,1	-6,39	10,45	-691131,0	1130278,0

Схематично розподіл вантажу представлено на рис. 4.1.

4.2 Розрахунки посадки та початкової остійності

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

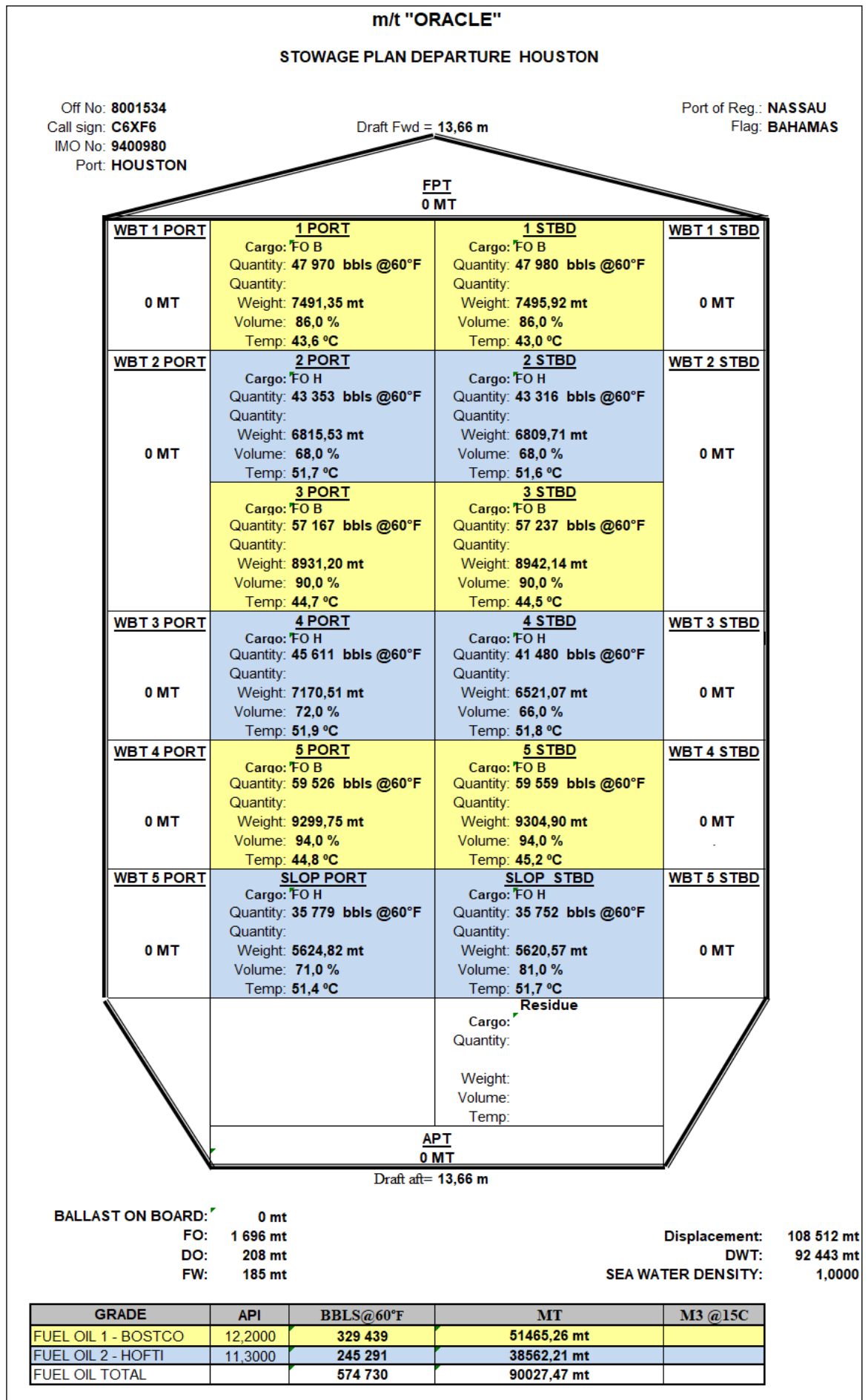


Рисунок 3.1 – Вантажный план судна

Таблиця 4.7 – Розрахунок посадки судна на відхід та прихід

Найменування величин	Позначення і формули	Значення величин	
		ВІДХІД	ПРИХІД
Водотоннажність масова, т	D	108535,7	108175,1
Абсциса центра ваги судна, м	x_g	-6,13	-6,39
Водотоннажність об'ємна, м ³	$V = D / \rho$	108536	105537
Густина води, т/м ³	ρ	1,000	1,025
Осадка судна, м	T	13,66	13,32
Момент диферентуючий на 1 см, тм/см	M_{cm}	1484,9	1484,5
Абсциса центра плавучості судна, м	x_c	-6,13	-6,39
Абсциса Ц.В. площі ватерлінії, м	x_f	3,21	3,00
Апліката поперечного метацентра, м	z_m	18,08	18,2
Коефіцієнт загальної повноти	δ	0,8678	0,8657
Диферент судна, м	$d = D(x_g - x_c) / (100M_{cm})$	0,00	0,00
Осадка судна носом, м	$T_n = T - (L/2 - x_f) d / L$	13,66	13,32
Осадка судна кормою, м	$T_k = T_n + d$	13,66	13,32

Для виконання розрахунків та контролю остійності судна необхідно визначити поправки на вплив вільної поверхні рідких вантажів (вантажу та запасів) до метацентричної висоти і плечам статичної остійності.

При визначенні виправлення на вільні поверхні в розрахунок приймаються цистерни запасів з найбільшим виправленням Δm_h незалежно від ступеня їхнього заповнення.

Для вантажних танків виправлення приймається відповідно до їх фактичного заповнення. Поправочні моменти Δm_h вибираються з таблиці даних по судових цистернах, що приводиться в «Інформації про остійність».

Таблиця 4.8 – Поправки на вплив вільної поверхні рідких вантажів

Найменування цистерн	Δm_h , тм	Найменування цистерн	Δm_h , тм
FORE F.O.T. (P)	602	NO.1 C.O.T. (P+S)	22434
FORE F.O.T. (S)	735	NO.2 C.O.T. (P+S)	31126
AFT F.O.T. (P)	199	NO.3 C.O.T. (P+S)	31032
AFT F.O.T. (S)	279	NO.4 C.O.T. (P+S)	31126
DIESEL O.T. (P)	245	NO.5 C.O.T. (P+S)	31032
FRESH W.T. (C)	143	2 nd SLOP TANK (P)	12969
FRESH W.T. (S)	28	1 st SLOP TANK (S)	12969
AFT PEAK TANK	23081	СУМА: $\Sigma \Delta m_h$	198000

Розрахунок параметрів початкової остійності виконаний у табл. 4.9.

Таблиця 4.9 – Розрахунок параметрів початкової остійності

Найменування величин	Позначення і формули	Значення величин	
		ВІДХІД	ПРИХІД
Водотоннажність масова, т	D	108535,7	108175,1
Невиправлена апліката центра ваги судна, м	z_{g0}	10,49	10,45
Апліката поперечного метацентра, м	z_m	18,08	18,20
Невиправлена метацентрична висота, м	$h_0 = z_m - z_{g0}$	7,59	7,75
Виправлення на вільні поверхні, м	$\Delta h = \Sigma \Delta m_h / D$	1,82	1,83
Виправлена апліката центра ваги судна, м	$z_g = z_{g0} + \Delta h$	12,31	12,28
Виправлена метацентрична висота, м	$h = h_0 - \Delta h$	5,77	5,92

4.3 Контроль остійності за матеріалами Інформації

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

Таблиця 4.10 – Перевірка остійності з критичного піднесення ЦВ судна

Найменування величин	Позначення і формули	Значення величин	
		<i>ВІДХІД</i>	<i>ПРИХІД</i>
Водотоннажність масова, т	D	108535,7	108175,1
Виправлена апліката центра ваги судна, м	z_g	12,31	12,28
Максимальна гранична апліката ЦВ (центра ваги) судна, м	$z_g^{\max}$	17,58	17,85
Так як $z_g < z_g^{\max}$, то остійність задовольняє усім вимогам.			

4.4 Розрахунок і побудова діаграм остійності

Плечі статичної остійності розраховані з використанням таблиці плечей остійності форми (Cross-Curves of Stability).

Плечі остійності форми l_ϕ вибираються по осадці для тих кутів крену, які приведені в таблиці. Плечі відлічуються від точки «K», що відповідає кільовій лінії.

Плечі остійності ваги необхідно розраховувати по формулі:

$$l_B = z_g \cdot \sin \theta,$$

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

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

Розрахунок плечей діаграми статичної остійності (ДСО) виконується в табличній формі.

У таблиці також представлений розрахунок площ під діаграмою статичної остійності до 30° , до 40° та 30° - 40° з використанням коефіцієнтів Сімпсона.

Таблиця 4.11 – Розрахунок плечей статичної остійності на відхід

Водотоннажність D, т							108535,7	
Апліката центра ваги судна z_{g0} , м							10,49	
Апліката умовного центра мас z_m , м (полюс – точка «О»)							0,00	
Виправлена апліката центра ваги судна, $z_g = z_{g0} + \Delta h$, м							12,31	
$\Delta\theta = 0,1745 \approx 10^\circ/57,3$								
Кут крену θ°	Плече форми, l_ϕ , м	$\sin \theta^\circ$	$(z_g - z_m)\sin\theta^\circ$	Плече статичної остійності $l = l_\phi - z_g \cdot \sin \theta^\circ$, м	Множник	Добуток	Множник	Добуток
0	0,00	0,000	0,000	0,000	1	0,000	1	0,000
10	3,157	0,174	2,142	1,015	4	4,060	3	3,045
20	6,364	0,342	4,210	2,154	2	4,308	3	6,462
30	9,177	0,500	6,155	3,022	4	12,088	1	3,022
40	11,113	0,643	7,915	3,198	1	3,198	Σ_{30}	12,529
50	12,196	0,766	9,429	2,767	Σ_{40}	23,654	—	
60	12,653	0,866	10,660	1,993	—	—	—	
75	12,405	0,966	11,891	0,514	—	—	—	
$a_{0-40} = 0,1745 \cdot 23,654 / 3 = 1,376.$								
$a_{0-30} = 3 \cdot 0,1745 \cdot 12,529 / 8 = 0,820.$								
$a_{30-40} = 1,376 - 0,820 = 0,556.$								

Таблиця 4.12 – Розрахунок плечей статичної остійності на прихід

Водотоннажність D, т							108175,1	
Апліката центра ваги судна z_{g0} , м							10,45	
Апліката умовного центра мас z_m , м (полюс – точка «О»)							0,00	
Виправлена апліката центра ваги судна, $z_g = z_{g0} + \Delta h$, м							12,28	
$\Delta\theta = 0,1745 \approx 10^\circ/57,3$								
Кут крену θ°	Плече форми, l_ϕ , м	$\sin \theta^\circ$	$(z_g - z_m)\sin\theta^\circ$	Плече статичної остійності $l = l_\phi - z_g \cdot \sin \theta^\circ$, м	Множ-ник	Добу-ток	Множ-ник	Добу-ток
1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0,00	0,000	0,000	0,000	1	0,000	1	0,000

Продовження таблиці 4.12

1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	3,177	0,174	2,137	1,040	4	4,160	3	3,120
20	6,402	0,342	4,200	2,202	2	4,404	3	6,606
30	9,325	0,500	6,140	3,185	4	12,740	1	3,185
40	11,297	0,643	7,896	3,401	1	3,401	Σ_{30}	12,911
50	12,360	0,766	9,406	2,954	Σ_{40}	24,705	—	
60	12,785	0,866	10,634	2,151	—	—	—	
75	12,476	0,966	11,862	0,614	—	—	—	
$\mathbf{a_{0-40}} = 0,1745 \cdot 24,705 / 3 = 1,437.$								
$\mathbf{a_{0-30}} = 3 \cdot 0,1745 \cdot 12,911 / 8 = 0,845.$								
$\mathbf{a_{30-40}} = 1,437 - 0,845 = 0,592.$								

За результатами розрахунків будуюмо діаграми статичної остійності (ДСО) на відхід (рис. 4.2) та на прихід (рис.4. 3).

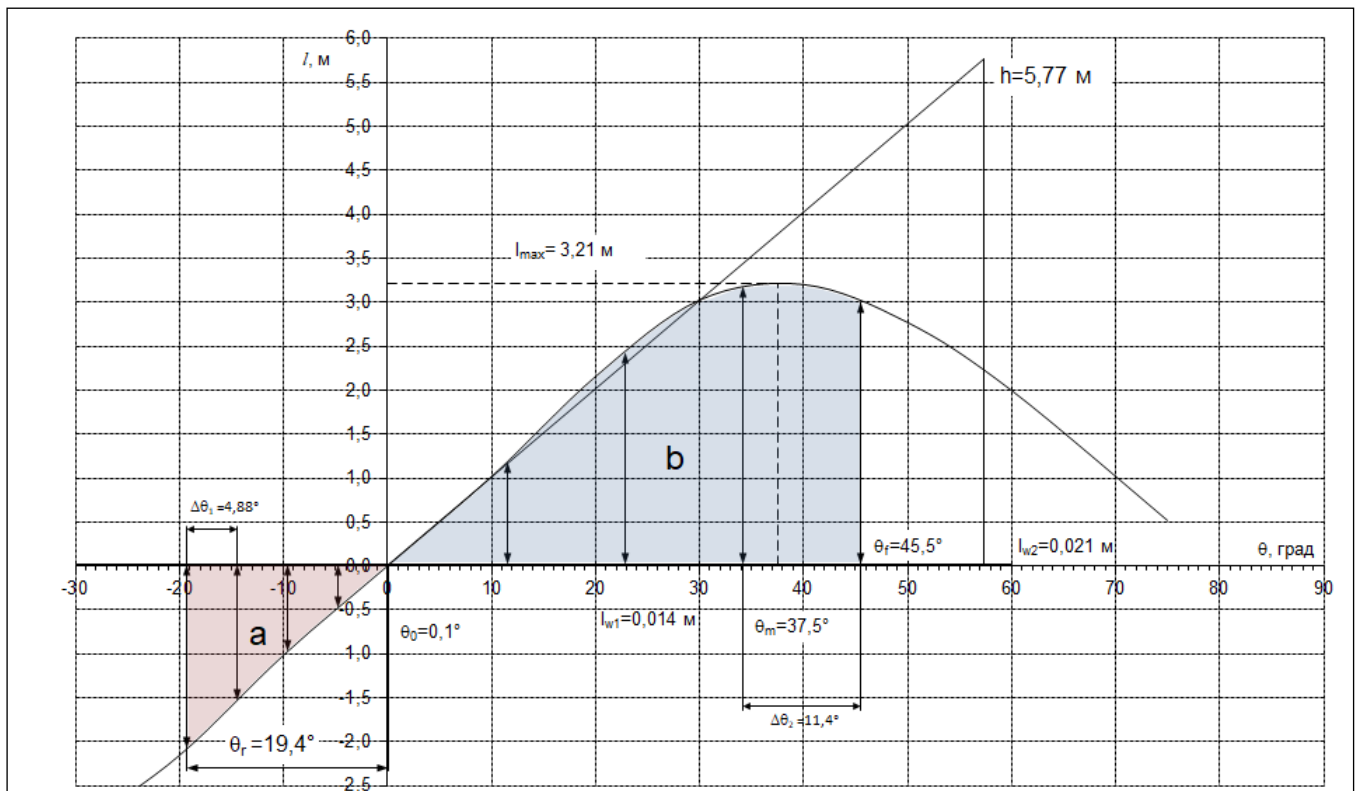


Рисунок 4.2 – Діаграма статичної остійності на відхід та визначення критерію погоди

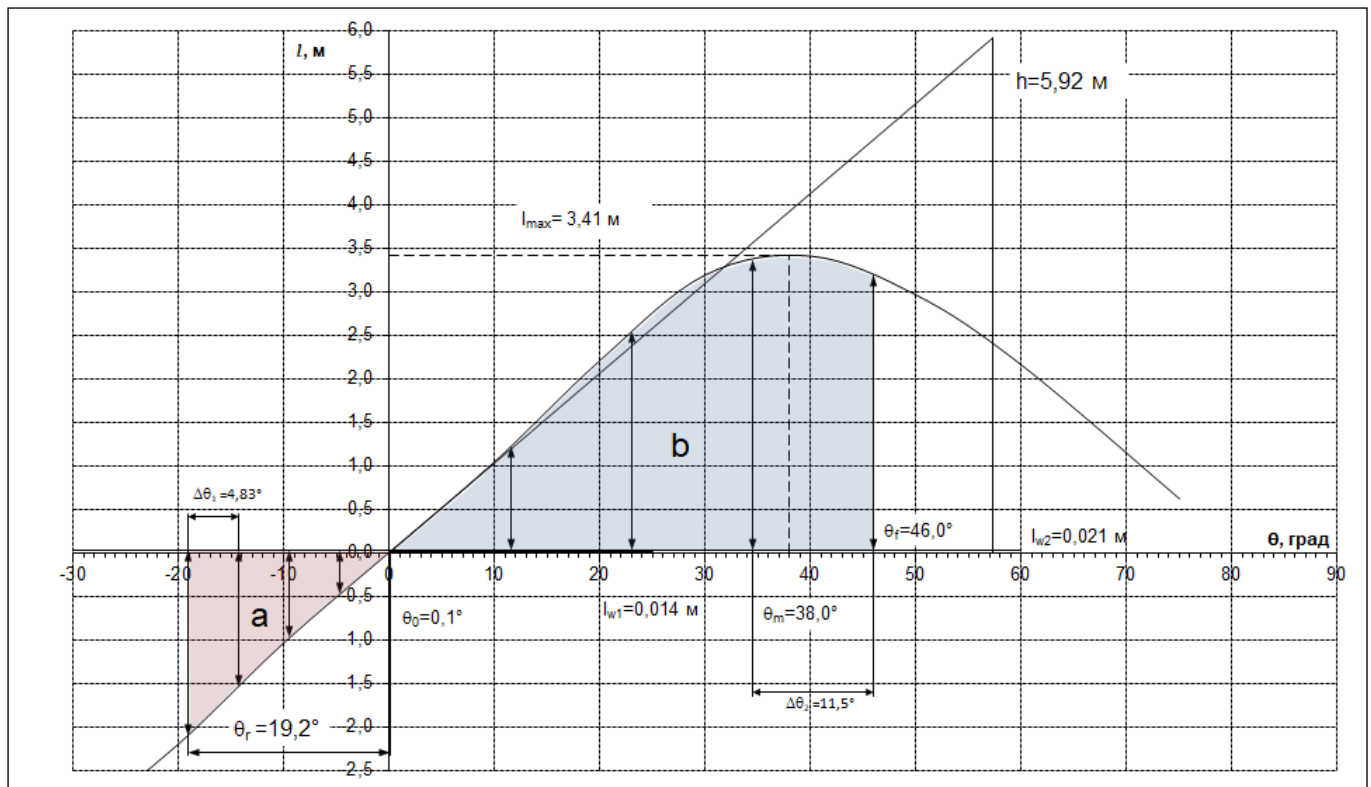


Рисунок 4.3 – Діаграма статичної остійності на прихід та визначення критерію погоди

4.5 Розрахунки нормованих параметрів остійності

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

Розрахунок нормованих параметрів остійності виконаний у табл. 4.13.

Таблиця 4.13 – Розрахунок нормованих параметрів остійності

Найменування величин	Позначення і формули	Значення величин	
		ВІДХІД	ПРИХІД
1	2	3	4
Водотоннажність масова, т	D	108535,7	108175,1
Осадка судна, м	T	13,66	13,32

Продовження таблиці 4.13

1	2	3	4
Виправлена метацентрична висота, м	h	5,77	5,92
Площа парусності, m^2	A_v	2258	2332
Апліката центра парусності (ЦП), м	z	5,91	6,07
Плече парусності при постійн. вітрі, м	$z_v = z + T/2$	12,74	12,73
Плече крен. моменту від тиску вітру, м	$l_{w1} = 0,504 A_v z_v / (gD)$	0,014	0,014
Кренувальне плече від пориву вітру, м	$l_{w2} = 1,5 \cdot l_{w1}$	0,021	0,021
Відносна площа скулових кілей, %	$100 \cdot A_k / (L B)$	0,461	
Коефіцієнт	k	0,991	
Відносна ширина	B / T	3,07	3,15
Безрозмірний множник	X_1	0,886	0,870
Коефіцієнт загальної повноти	δ	0,868	0,866
Безрозмірний множник	X_2	1,000	1,000
Інерційний коефіцієнт	$c = 0,373 + 0,023B/T - 0,043L/100$	0,350	0,352
Період хитавиці, сек.	$T_\theta = 2 \cdot c \cdot B / \sqrt{h}$	12,2	12,2
Коефіцієнт	S	0,0611	0,0611
Коефіцієнт	$r = 0,73 + 0,6 (z_g - T) / T$	0,671	0,683
Амплітуда хитавиці, °	$\theta_r = 109 k X_1 X_2 \sqrt{rS}$	19,4	19,2
Кут заливання, °	θ_f	45,5	46
Кут входу палуби у воду, °	$\theta_d = \arctg(2(H-T)/B)$	20,5	21,3
Кут крену від постійного вітру, °	θ_0	0,1	0,1
Кут крену при хитавиці назустріч вітру, °	$\theta_1 = \theta_r - \theta_0$	19,3	19,1
Границя площ. «b» діаграми праворуч, °	θ_b	45,6	46,0
Площа «a» діаграми, м-рад	a	0,348	0,347
Площа «b» діаграми, м-рад	b	1,656	1,763
Критерій погоди	$K = b / a$	4,76	5,08

Для визначення критерію погоди на діаграмах статичної остійності необхідно побудувати площі «а» і «b». Для розрахунку величини площі «а» і «b» використаємо правило *Сімпсона*. Для цього площі «а» і «b» діляться на чотири ділянки однакової довжини по куту крену. Розрахунок площ виконується в табличній формі аналогічно розрахунку площі a_{0-40} . При цьому, замість множника 0,1745 приймаємо довжини ділянок $\Delta\theta_1$ і $\Delta\theta_2$ в радіанах.

Таблиця 4.14 – Визначення площ «а» і «b» на відхід за правилом *Сімпсона*

$\Delta\theta_1 = (\theta_1 + 1,5\theta_0)/4 = (19,3 + 1,5 \cdot 0,1)/4 = 4,88^\circ$ $\Delta\theta_1^{\text{рад}} = 4,88^\circ/57,3 = 0,0851$ рад					
$\Delta\theta_2 = (\theta_b - 1,5\theta_0)/4 = (45,5 - 1,5 \cdot 0,1)/4 = 11,35^\circ$ $\Delta\theta_2^{\text{рад}} = 11,35^\circ/57,3 = 0,1981$ рад					
a_i	k_i	$a_i \cdot k_i$	b_i	k_i	$b_i \cdot k_i$
$a_1 = 2,100$	1	2,100	$b_1 = 0$	1	0
$a_2 = 1,550$	4	6,200	$b_2 = 1,155$	4	4,620
$a_3 = 0,995$	2	1,990	$b_3 = 2,415$	2	4,830
$a_4 = 0,495$	4	1,980	$b_4 = 3,160$	4	12,640
$a_5 = 0$	1	0	$b_5 = 2,990$	1	2,990
$\Sigma_a = 12,270$			$\Sigma_b = 25,080$		
$a = 1/3 \Sigma_a \cdot \Delta\theta_1^{\text{рад}} = 1/3 \cdot 12,270 \cdot 0,0851 = 0,348$			$b = 1/3 \Sigma_b \cdot \Delta\theta_2^{\text{рад}} = 1/3 \cdot 25,080 \cdot 0,1981 = 1,656$		

Таблиця 4.15 – Визначення площ «а» і «b» на прихід за правилом *Сімпсона*

$\Delta\theta_1 = (\theta_1 + 1,5\theta_0)/4 = (19,1 + 1,5 \cdot 0,1)/4 = 4,83^\circ$ $\Delta\theta_1^{\text{рад}} = 4,83^\circ/57,3 = 0,0842$ рад					
$\Delta\theta_2 = (\theta_b - 1,5\theta_0)/4 = (46 - 1,5 \cdot 0,1)/4 = 11,48^\circ$ $\Delta\theta_2^{\text{рад}} = 11,48^\circ/57,3 = 0,2003$ рад					
a_i	k_i	$a_i \cdot k_i$	b_i	k_i	$b_i \cdot k_i$
$a_1 = 2,120$	1	2,120	$b_1 = 0$	1	0
$a_2 = 1,560$	4	6,240	$b_2 = 1,200$	4	4,800
$a_3 = 1,000$	2	2,000	$b_3 = 2,515$	2	5,030
$a_4 = 0,500$	4	2,000	$b_4 = 3,350$	4	13,400
$a_5 = 0$	1	0	$b_5 = 3,170$	1	3,170
$\Sigma_a = 12,360$			$\Sigma_b = 26,400$		
$a = 1/3 \Sigma_a \cdot \Delta\theta_1^{\text{рад}} = 1/3 \cdot 12,360 \cdot 0,0842 = 0,347$			$b = 1/3 \Sigma_b \cdot \Delta\theta_2^{\text{рад}} = 1/3 \cdot 26,400 \cdot 0,2003 = 1,763$		

4.6 Перевірка виконання рекомендованих ІМО критеріїв остійності

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

Таблиця 4.16 – Перевірка виконання рекомендацій ІМО

Найменування величин	Позна- чення	Значення величин			Виконання (YES / NO)
		Норма- тивні	ВІДХІД	ПРИХІД	
ЗАГАЛЬНІ ВИМОГИ					
Площа під ДСО до кута крену 30°, м·рад	A ₃₀	≥ 0,055	0,820	0,845	YES
Площа під ДСО до кута крену 40°, м·рад	A ₄₀	≥ 0,09	1,376	1,437	YES
Площа під ДСО між 30° і 40°, м рад	A ₃₀₋₄₀	≥ 0,03	0,556	0,592	YES
Плече ДСО при ⊥ крену 30° або більше, м	l ₃₀	≥ 0,20	3,022	3,185	YES
Кут крену, що відповідає максим. ДСО, °	θ _m	≥ 25	37,5	38,0	YES
Виправлена метацентрична висота, м	h	> 0,15	5,77	5,92	YES
Критерій погоди	K	≥ 1	4,76	5,08	YES
Кут крену від постійного вітру, °	θ ₀	≤ 16	0,1	0,1	YES

На відхід та прихід остійність судна задовольняє усім вимогам ІМО.

4.7 Контроль загальної поздовжньої міцності судна

Загальна міцність контролюється за перерізуючими силам та згинальними моментами в декількох поперечних перерізах (шпангоутах) по довжині корпусу судна.

Для кожного з вибраних перерізів необхідно за прийнятим вантажним планом розрахувати перерізуючу силу та згинальний момент і порівняти їх з допустимими значеннями.

Розрахунок міцності виконаємо використовуючи схвалену класифікаційним товариством програму (Lloyds Register of Shipping).

Розрахунок будемо виконувати в табличній формі.

Таблиця 4.17 – Перевірка поздовжньої міцності на відхід

Перетин №	від КП м	SF т	SF _{sea} %	Доп.SF т	BM тм	BM _{sea} %	Доп.BM тм
40	32,27	-3370	52,0	-63569	-13426	9,6	-139900
42,5	44,52	-2654	41,8	-62294	-50323	26,1	-193100
45	56,77	-1790	24,1	-72888	-77543	31,5	-246400
47	66,57	-1345	22,0	-59939	-92905	33,2	-280060
49	76,37	-1056	16,1	-64256	-104670	37,4	-280060
51	86,17	-904	10,8	-82404	-114274	40,8	-280060
53	95,97	-742	8,5	-85936	-122339	43,7	-280060
55	105,77	-464	5,3	-85936	-128248	45,8	-280060
57	115,57	12	0,0	93923	-130522	46,6	-280060
59	125,37	214	3,1	68474	-129473	46,2	-280060
61	135,17	534	8,1	64746	-125808	44,9	-280060
63	144,97	912	11,0	81619	-118723	42,4	-280060
65	154,77	1412	19,0	73085	-107335	41,1	-261000
67	164,57	1695	22,8	73085	-92111	42,2	-218400
69	174,37	1913	23,2	80834	-74432	42,3	-175800
71	183,01	2048	32,1	62588	-57320	41,5	-138200
73	191,65	2086	30,2	67689	-39461	39,2	-100600
76	200,29	2141	39,2	53563	-21200	47,9	-44300

Максимальна перерізуюча сила – 3370 т. (52,0%) на 40 шпангоуті.

Максимальний згинальний момент – 130552 тм. (46,6%) на 57 шпангоуті.

На рис.4.4. представлена епюра міцності на відхід.

Протягом всього рейсу загальна подовжня міцність судна забезпечена.

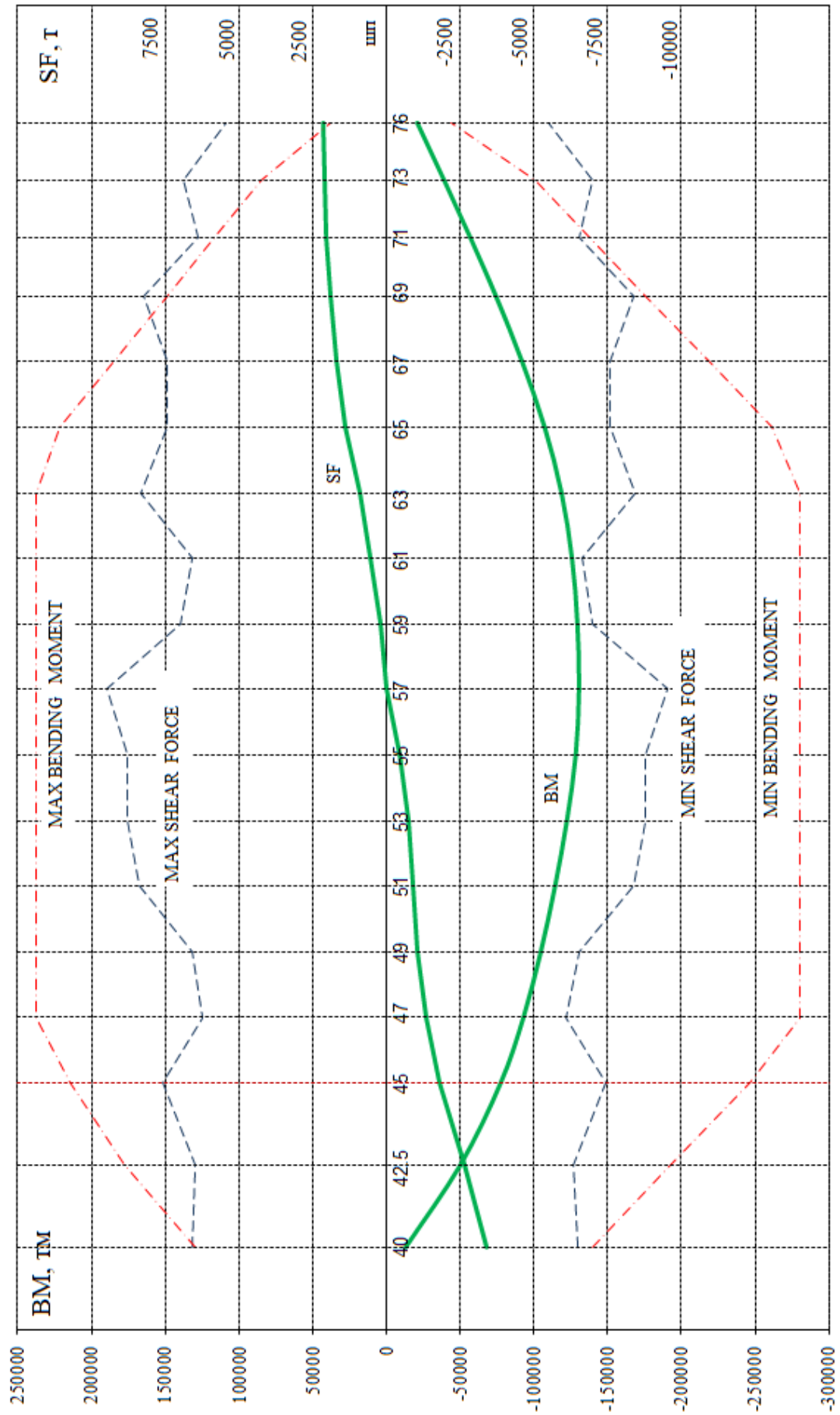


Рисунок 4.4 – Епюра перерізуючих сил та згинальних моментів на відхід

РОЗДІЛ 5

НОВІ ПІДХОДИ ОЦІНКИ РИЗИКУ ЗІТКНЕННЯ СУДЕН У МОРІ

5.1 Вступ

З роками судноплавство стає все більш складнішим. Збільшення морських перевезень і розмірів суден спричиняє глобальну ескалацію нещасних випадків при зіткненні суден, що призводить до втрат людських життів і економічних активів на мільярди доларів США. Це особливо актуально для акваторії портів, де морські адміністрації в усьому світі намагаються не відставати від постійно зростаючого потоку суден. У зв'язку з цим попит на передові методи оцінки та зменшення ризику зіткнення суден ніколи не був таким високим. Взаємозалежність між фізичними збоями, погодними умовами, логістикою, управлінням і людським фактором вимагає складних рамок для ефективної допомоги морським адміністраціям і штурманам у прийнятті рішень.

За останні десятиліття судноплавство в акваторіях портів значно ускладнилася. Поступове збільшення морських перевезень зумовило постійно зростаючий тиск на акваторії портів, що призводить до зниження маневреності та більшої ймовірності зіткнень або аварій. Крім того, кількість Світового флоту також зростає, що призводить до збільшення трафіку в портах і транзитних зонах. Крім того, торгові судна збільшуються в розмірах, більші судна означають знижену маневреність і, отже, більший ризик зіткнення, особливо в тих портах, де простір обмежений фізичними перешкодами або вузькими маневреними басейнами. Кількість транзитного руху суден у каналах фактично може досягати до 2000 на день, та очікується, що це число збільшується.

Ризик зіткнення під час рейсу може виникати через дуже різні типи небезпек. Несприятливі погодні умови, стихійні лиха, помилки людини, незвідані водні шляхи – це лише деякі з конкретних загроз, які можуть загрожувати судну, вантажу, екіпажу, пасажирам або навколишньому

середовищу. Більше того, фізичні та логістичні характеристики можуть значно відрізнятися залежно від конкретного порту, тобто форми та розміру акваторії, щільності руху, батиметрії, переважаючих умов океану тощо.

Усі вищезазначені аспекти, включно з неоднорідністю (або відсутністю) доступних баз даних про аварії, підштовхнули до надання передових інструментів для оцінки ризику зіткнення. У зв'язку з цим оцінка морських ризиків набирає актуальності, і щороку розробляються нові методології. Тим не менш, вони значно відрізняються з точки зору необхідної вхідної інформації, концепції, математичної моделі, сфери застосування, наукової обґрунтованості та інструментів оцінки невизначеності. Успішний аналіз ризику проходить через вибір правильного методу для досліджуваної ситуації, що впливає на точність оцінки ризику та ефективність заходів зменшення ризику.

В даному розділі магістерської роботи розглянемо: найновіші досягнення в оцінці ризиків зіткнення суден; нові технології, що розвиваються; визначення основних поточних тенденцій та обговорення майбутніх перспектив.

При огляді даного питання проаналізуємо основні методи аналізу ризиків, включаючи машинне навчання, штучні нейронні мережі, нечітку логіку та інші.

Щоб сформулювати методи та порівняти із попередніми, необхідно їх класифікувати та розглянути: усталені підходи і нові перспективні інструменти; методи, які дозволяють включати кількісну та якісну оцінку. Крім того, необхідно провести комплексний аналіз бази даних морських аварій в акваторіях портів, щоб дослідити переважаючі тенденції. Аналіз попередніх результатів вказує на те, що нещасні випадки зіткнення суден складають більшість у порівнянні з іншими типами аварій.

5.2 Аналіз аварій морських суден в акваторіях портів

Розуміння розподілу аварій суден з точки зору валового тоннажу (GT), типового віку постраждалих суден, категорії суден, а також розподіл основних

причин і наслідків є першим необхідним кроком для покращення стратегій зменшення аварій.

Збір і аналіз даних про аварії суден дозволяють визначити закономірності та тенденції, які можна використовувати для розробки стратегій зменшення частоти та серйозності цих аварій. У такому сценарії, що постійно змінюється, аналіз актуальних баз даних має першорядне значення для відстеження прогресу з часом і оцінки ефективності заходів із зменшення ризику. Визначення типу суден або маршрутів, які мають більшу ймовірність зіткнення, або те, що певні типи аварій є більш поширеними, ніж інші, є важливим, оскільки це дозволяє визначити критичні моменти та можливості для покращення.

Для цього наведемо аналіз двох баз даних аварій суден в акваторії портів. Аварії аналізуються з точки зору відповідних характеристик судна, таких як вік, GT та тип судна.

Використані бази даних:

- "SeaSearcher" – зафіксовано 79592 аварії суден (1967-2022);
- "IHS" – зафіксовано 23897 аварій суден (1990-2022).

Ці дві бази даних порівнювалися з урахуванням ідентифікаційного номера Міжнародної морської організації (ІМО), дати аварії та місця (в морі чи в порту), щоб створити єдину базу даних із узгодженими даними. У разі поширених аварій, виявлених у системі (тобто знахідок з однаковим номером ІМО та однаковою датою аварії), місце порівнювалося. Якщо два місця в базах даних не збігалися, аварія не включалася в єдину базу даних для аналізу. Остаточна база даних містить 13846 аварій по всьому світу, з яких 2799 сталися в акваторії портів [M Marino, L Cavallaro, E Castro, RE Musumeci, M Martignoni, F Roman, E Foti New frontiers in the risk assessment of ship collision. 2023].

На Рис. 5.1 наведемо розподіл аварій в акваторії портів за подіями причинного зв'язку.

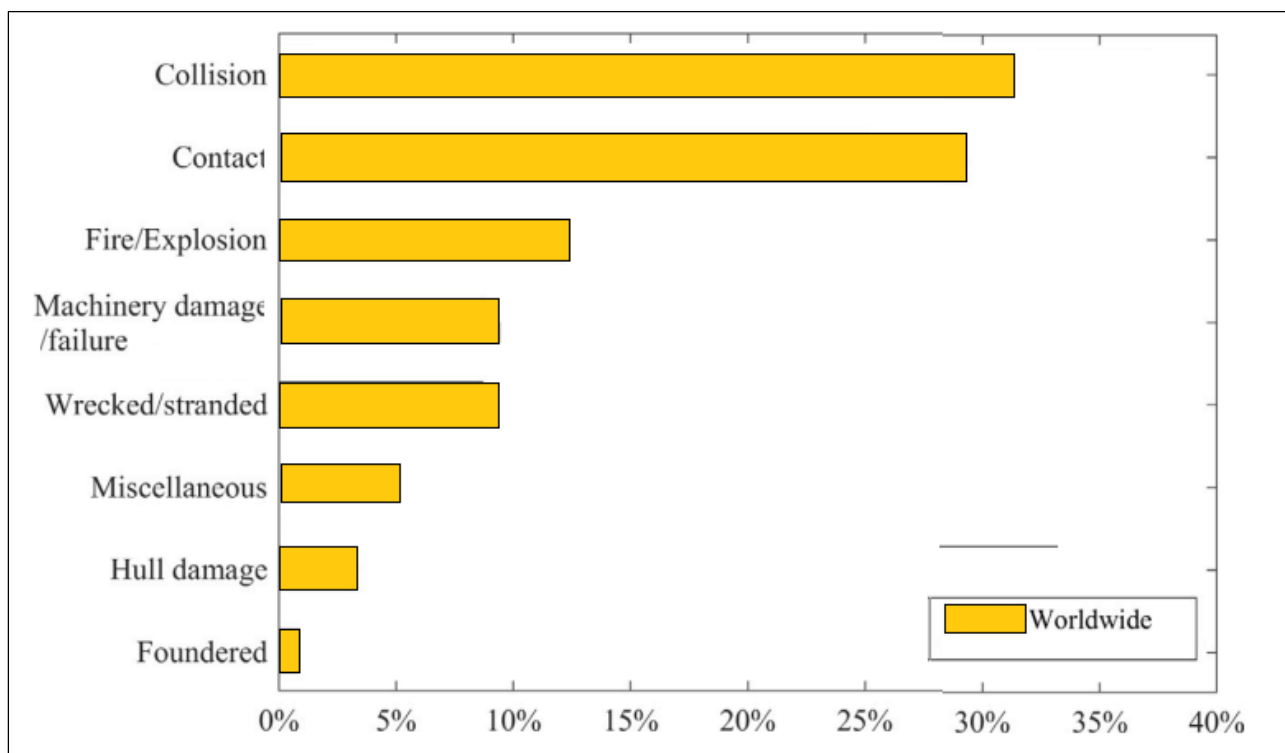


Рисунок 5.1 – Розподіл аварій в акваторії портів

На Рис. 5.1 показано, що головними причинами аварій в акваторії портів є зіткнення двох різних суден, і це спричиняє 31% аварій у всьому світі. Подробиці про погодні умови невідомі для більшості аварій, включених до бази даних, але важкі погодні умови є основною причиною аварій у районі порту, коли погодні умови вказані. Аварії мають більш-менш серйозні наслідки, можуть мати наслідки для життя людей, повної або часткової втрати вантажу або самого судна. У всьому світі 3% аварій мали наслідки для життя людей. Згідно зі світовим аналізом у 2% аварій повідомлялося про втрату вантажу або всього судна.

Типи морських суден, згідно аналізу нещасних випадків – судна, які перевозять генеральні вантажі, за ними йдуть пасажирські судна Ro/Ro та балкери по всьому світу. Це може бути пов'язано з тим, що судна для перевезення генеральних вантажів та балкери становлять найбільш значну частину світового флоту.

Діапазон віку морських суден на момент аварії коливається від 0 до 10 років. Судна валовою місткістю від 500 до 5000 GT частіше потрапляють в портові аварії. Можливо, це пов'язано з великою кількістю суден світового флоту водотоннажністю від 500 до 5000 GT.

5.3 Визначення ризику зіткнення суден

У сфері оцінки ризику не існує однозначного визначення ризику. Ця концепція розвивалася з дуже різними позначеннями залежно від точки зору ризику, сприйняття ризику та сфери застосування.

Ризик визначається, як "потенціал реалізації небажаних і негативних наслідків для життя та здоров'я людини, майна або навколишнього середовища".

Згідно Міжнародній організації стандартів (ISO), "ризик" – комбінація ймовірності (частоти) прояву певної небезпеки та величини наслідків в результаті цього прояву (ISO 8402:1995 / BS 4778).

Згідно з визначенням ІМО, "ризик" – комбінація частоти та серйозності наслідків (MSC Circ 1023/MEPC Circ 392). Іншими словами, ризик складається з двох компонентів: ймовірності події (*likelihood of occurrence*) та ступеня наслідків (*severity of consequence*).

Кількісне визначення ризику, що стосується небажаної події A , розраховується як:

$$A = \text{probability}(A) \times \text{consequences}(A) \quad (5.1)$$

Методи, засновані на ймовірності, для оцінки ризику, як правило, є переважними, оскільки вони забезпечують кількісні та вичерпні результати як для оцінки ризику, так і для його зменшення в поєднанні з оцінкою його наслідків.

Широко застосовуваною системою визначення ймовірнісного ризику зіткнення є:

$$P_{\text{collision}} = P_{\text{geometric}} \times P_{\text{causation}} \quad (5.2)$$

Відповідно до рівняння (5.2) ймовірність зіткнення ($P_{\text{collision}}$) ділиться на два терміни: геометрична ймовірність ($P_{\text{geometric}}$), що пов'язано з суто геометричними аспектами зіткнення суден та ймовірність причинного зв'язку ($P_{\text{causation}}$), яка включає компоненти, пов'язані з технічними несправностями, збоями, надійністю вахтового помічника тощо.

5.4 Класифікація методів оцінки морських ризиків

- Методології аналізу морських ризиків можна класифікувати на дві групи:
- кількісна оцінка небажаних подій на основі аналізу надійності, інженерних інструментів моделювання або аналізу статистичних даних;
 - якісна оцінка з використанням експертної чи неекспертної оцінки.

Кількісні оцінки спрямовані на визначення об'єктивної та кількісної оцінки для визначення компонентів системи, які сприяють ризику. Хоча їх багато в літературі, їхнє застосування послаблюється двома основними проблемами. По-перше, дані про аварії в портах часто неповні, недоступні або відсутні взагалі. Крім того, умови морського порту постійно змінюються через зміну моделей руху, розміру флоту та умов навколишнього середовища. Дані, які могли бути актуальними для використання, можуть більше не бути такими. По-друге, аварії, які відбуваються з більшою ймовірністю, породжують майже незначні наслідки. Навпаки, важкі аварії, як правило, більш рідкісні, і кількісних даних, навіть якщо вони систематично збираються, часто недостатньо для отримання надійного кількісного (статистичного) аналізу. Тому якісні методи мають критичне значення в тих випадках, коли доступність даних обмежена.

Можна виділити три різні підходи до аналізу морського ризику: реалістичний, конструктивістський і процедурний.

Реалістичний аналіз морського ризику – ризик розглядається як фізичний атрибут системи, який можна визначити об'єктивними фактами, а отже, контролювати та прогнозувати. Ці методи використовують кількісну інформацію про події та їх відносні наслідки.

Конструктивістський аналіз морського ризику – ризик розглядається як соціальна структура, яку люди, які сприймають ризик, приписують технології чи системі, а не є їх фізичною частиною. Згідно з цим припущенням, аналіз ризику відображає ментальний/соціальний конструкт групи оцінювачів, які можуть бути експертами та/або ні.

Нарешті, процедурний аналіз морського ризику – ризик характеризується через інтегроване розуміння всієї системи, збалансування об'єктивних фактів і уявних цінностей, використання як кількісних, так і якісних джерел даних.

Ці три погляди далі поділяються на наступні підходи, які схематично представлені нижче:

– *Strong Realist (SR)* – ризик є фактичним і існує як об'єктивна характеристика системи, тому аналіз ризику являє собою оцінку кількісно визначеного фізичного атрибута. Оцінка базується виключно на даних, зібраних із системи або отриманих з інженерних моделей; судження оцінювачів, як експертів, так і ні, не враховуються. У цьому випадку дані щодо невизначеності оцінки не надаються. Зацікавлені сторони, як правило, не залучені до процесу оцінювання.

– *Moderate Realist (MR)*. Подібно до сильного реалістичного підходу, він значною мірою базується на кількісних даних та інженерних моделях. Судження оцінювачів враховуються, однак неексперти виключаються та зазвичай використовуються як дані для завершення. Може бути включена невизначеність доказів.

– *Moderate Realist with Uncertainty assessment (MRU)*. Подібний до помірковано реалістичного підходу, але передбачає невизначеність оцінок результатів.

– *Scientific Proceduralist (SP)* Він базується як на кількісних даних та/або інженерних моделях, так і на судженні оцінювачів (як експертів, так і неекспертів).

– *Moderately Constructivist (MC)*. Ризик – це ментальна конструкція, і аналіз ризику описується його характеристиками, які відчувають особи, які сприймають ризик. Він базується як на кількісних даних, так і на експертній оцінці. Невизначеність оцінки ризику не оцінюється, і зацікавлені сторони не залучаються до процесу оцінювання.

– *Precautionary Constructivist (PC)*. Подібно до MC, хоча поділ між фактами та не епістемічними цінностями вважається актуальним.

– *Constructivist (C)*. Подібно до MC, можна розглядати невизначеність доказів.

– *Strong Constructivist (SC)*. Ризик аналізується як ментальний конструкт, який включає перш за все перцептивні атрибути. В основному він ґрунтується на судженні неспеціалістів, які можуть бути поінформовані судженням експертів. Можна враховувати невизначеність значень доказів.

Структура класифікації на основі аспектів моделювання та параметрів, які використовуються для кількісної оцінки ризику [P Chen, Y Huang, J Mou, P Van Gelder Probabilistic risk analysis for ship-ship collision: State-of-the-art. 2019]. Категорія зосереджена як на технічних характеристиках методів, так і на зацікавлених сторонах, яким вони конкретно адресовані.

– *Synthetic Indicators (SI)*. Вони описують геометричну ймовірність ризику простими розмірними параметрами, включаючи найближчу точку наближення (CPA), відстань до CPA, час до CPA тощо.

– *Safe Boundary Approach (SBA)*. Ці і методи оцінюють ризик зіткнення на основі позиції області судна та діаметрів зіткнення.

– *Velocity-based Approach (VA)*. Відстані та швидкості потенційних зіткнень представлені в просторі швидкостей і відповідній зоні тіні можливих маршрутів та, відповідно, потенційних зон зіткнення.

– *Statistical Analysis Approach (SAA)*. Ймовірнісний аналіз на основі часових рядів наборів даних про аварії для дослідження людських і нелюдських факторів ризику зіткнення.

– *Fault Tree Analysis (FTA)*. Інференційний аналіз звітів про помилки на основі дедуктивного процесу з використанням простих двійкових логічних операторів.

– *Bayesian Approach (BA)*. Комплексна мережа висновків з операторами умовної ймовірності для моделювання причинно-наслідкових зв'язків із кількома станами між сприяючими факторами.

5.5 Огляд методів аналізу ризиків

Розглянемо основні методики оцінки ризику зіткнення суден. Замість того, щоб дотримуватися вищезазначених класифікацій, розглянуті методи розбиваємо за технологіями, щоб легко представити основи та обговорити перспективи та проблеми кожної методології.

5.5.1 Geometric Indicators Approaches

Geometric Indicators Approaches (GIAs) складаються з розрахунку розмірних величин, пов'язаних із положенням і швидкістю судна, які дозволяють визначити потенційний ризик на основі геометричних параметрів. Одним із таких є підхід синтетичних індикаторів. Синтетичні показники – величини, що описують розподіл у просторі та часі потенційного зіткнення. Широко використовуваним методом є найближча точка зближення (CPA) і пов'язані з нею параметри: відстань до CPA (DCPA), що означає найближчу відстань між двома суднами, час до CPA (TCPA), який є часом, що залишився до точки CPA (Рис. 5.2a).

Синтетичні індикатори відображають прогнозований просторово-часовий сценарій зіткнення, припускаючи, що кожне судно підтримує швидкість і маршрут протягом усього потенційного конфлікту. Методи, які використовують CPA, можуть забезпечити кількісну оцінку ймовірності виникнення ризику, яка може бути реалізована в радіолокаційних системах або в навігаційних допоміжних системах.

Завдяки своїй простоті ці методи набули певної популярності в останні десятиліття. Однак їх застосування обмежується ризиком зіткнення між одним "Own Ship" і одним або декількома "Target Ships", що робить метод загалом непридатним для моделювання зіткнення кількох суден.

Ще один геометричний індикаторний підхід – безпечна межа. Це базується на межах площ, які відображають просторові відносини між суднами, які

потенційно стикаються. Серед них діаметр зіткнення та область судна є найбільш відповідними поняттями, які використовуються в цій галузі.

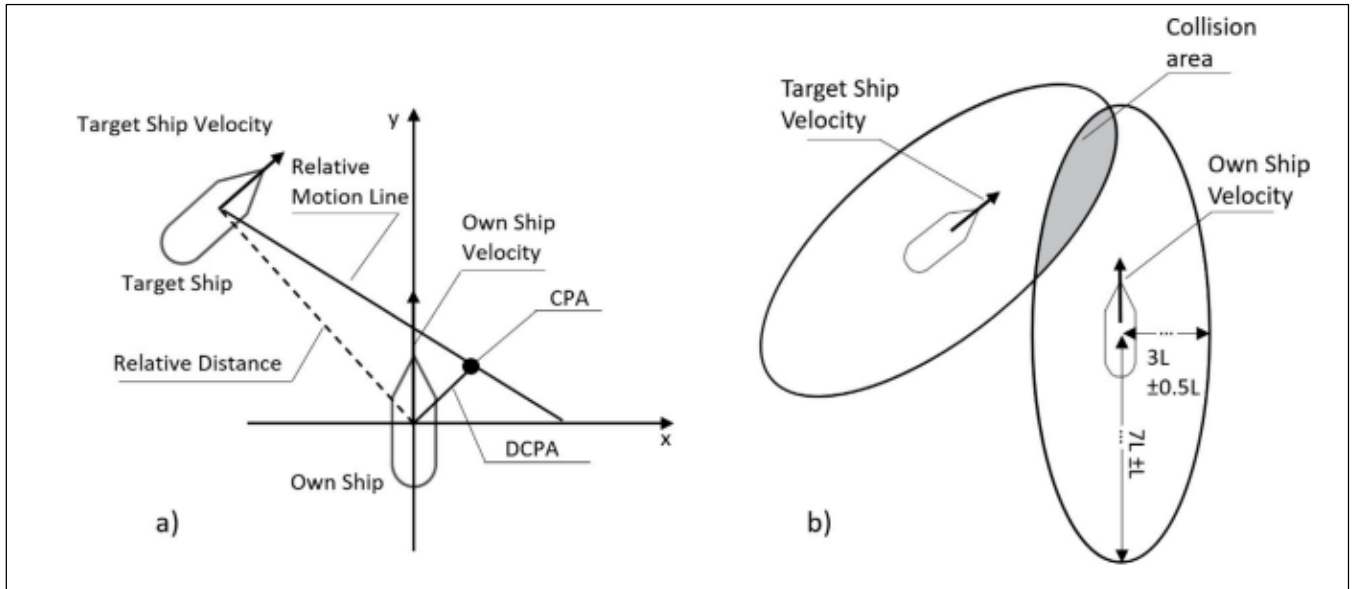


Рисунок 5.2 – Схема найближчої точки підходу (a) та безпечної області (b)

У роботі [P Chen, Y Huang, J Mou, P Van Gelder Probabilistic risk analysis for ship-ship collision: State-of-the-art. 2019] – область судна – "двовимірна область, що оточує судно, якої інші судна повинні уникати – її можна розглядати як зону ухилення" (Рис.5.2 b). Подібно до синтетичних індикаторів, безпечна межа є добре встановленим підходом у практиці аналізу ризику зіткнення суден, тобто пропонується стисла та швидка процедура визначення сценаріїв зіткнення. Однак відомо, що цей підхід дуже чутливий до налаштувань параметрів і може забезпечити суттєво різні результати для одного випадку зіткнення. Крім того, у концепції безпечної межі периметр зони безпеки є чіткою межею, яка чітко розділяє умови безпеки та умови ризику. Насправді межі безпечної зони є невизначеними через поведінку штурманів.

Нещодавно було запропоновано новий підхід, заснований на області судна, здатній кількісно визначити ймовірність зіткнення та визначити наслідки. В цьому підході введені два додаткових параметри: максимальний інтервал і ступінь порушення двох судових доменів. Перший параметр використовується для оцінки

ризиків зіткнення двох суден і зазвичай базується на геометричних рівняннях, однак він не підходить для областей суден, що складаються з неправильних кривих. Ступінь порушення – відношення площі перетину двох доменів судна до суми їхніх окремих площ. Були проведені сценарії лобового, перехресного та обгону. Дослідження показало, що максимальна ймовірність зіткнення досягається під час лобового сценарію, а найбезпечнішим є сценарій обгону.

5.5.2 Artificial neural networks

Artificial Neural Networks (ANNs) це математичні моделі, що характеризуються структурами та процесами калібрування, які можуть відображати складні зв'язки між змінними шляхом відтворення нейронної мережі людини. ANNs широко використовуються в багатьох областях дослідження завдяки їх придатності для паралельних обчислень і можливості зберігати інформацію в мережі. Вони широко використовуються при прогнозуванні подій. Наприклад, ANNs застосовуються для прогнозування стану моря і шторму. Однак, на відміну від інших моделей машинного навчання, таких як "Support Vector Machine" (SVM), їх зазвичай описують як "чорні ящики", тобто вони фіксують приховані зв'язки між входами та виходами з дуже точним наближенням, однак чому або як вони знаходять рішення, невідомо.

Застосування ANNs в оцінці морського ризику відбулося не нещодавно, однак досі ANNs використовувалися лише для прогнозування майбутнього положення суден, щоб уникнути зіткнення, а не для оцінки показників ризику. У цьому сенсі розроблено ANN для оцінки ризику зіткнення, який створив "Convolutional Neural Network" (CNN) на основі даних AIS і оцінок експертів для оцінки ризику зіткнення кількох суден у Балтійському морі. Зокрема, спочатку розраховувався початковий регіональний ризик зіткнення суден, аналізуючи фактори ризику з урахуванням характеристик суден та їх відстані, потім експерти переглянули ці значення, а переглянуті дані та зображення руху були використані

як вхідні дані CNN. Було використано 90% вхідних даних для фази навчання та 10% для фази тестування.

Іншим типом ANNs є повторювана нейронна мережа "Recurrent Neural Network" (RNN). RNN може надсилати інформацію за кроки в часі, а циклічні зв'язки між її рівнями можуть покращити навчання у часовій області та використання послідовного характеру вхідних даних. RNN генерує вихідні дані, де передбачення на кожному часовому кроці базуються на поточних вхідних даних та інформації з попередніх часових кроків.

5.5.3 Bayesian networks

Іншим широко використовуваним методом машинного навчання є підхід *Bayesian networks (BNs)*. BN – це графічні моделі висновків, які забезпечують простий спосіб застосування теореми Байєса до складних проблем, які можна використовувати для широкого спектру завдань у діагностиці та виявленні аномалій. Вони утворюються спрямованими ациклічними графами, які називаються вузлами, які представляють випадкові величини, і спрямованими дугами, які представляють випадкові або впливові зв'язки між змінними. Якщо спрямована дуга зв'язує змінну A зі змінною B , тоді A називається батьківським вузлом, а B називається дочірнім вузлом, що означає, що A викликає B . Для кожного вузла на графі пов'язаний набір умовних розподілів ймовірностей, що означає що розподіл змінної визначається для кожного можливого результату попередніх вузлів.

Завдяки своїй відкритості та гнучкості в об'єднанні багатьох джерел інформації (наприклад, експертні знання, результати стохастичного моделювання, історичні дані) вони ефективні для моделювання багатьох станів і нелінійних причинно-наслідкових зв'язків між факторами, що сприяють аварії. З огляду на це, їхнє застосування у сфері морських ризиків не є новим, однак складні відносини залежності між сприяючими факторами можуть створити проблеми під час

побудови BN, особливо якщо даних мало. Дійсно, коли кількість ймовірнісних параметрів збільшується, складність моделі також зростає.

Застосування BN використовують лише кількісну інформацію, без інтеграції, наприклад, оцінок експертів/неекспертів. У роботі [Fan S., Blanco-Davis E., Yang Z., Zhang J., Yan X. Incorporation of human factors into maritime accident analysis using a data-driven Bayesian network. 2020] автори запропонували BN на основі деревоподібної структури (Tree Augmented Network), у якій батьківський вузол з'єднаний з усіма дочірніми вузлами, і кожен дочірній вузол може мати інший дочірній вузол як батьківський. Зокрема, вони використали метод, керований даними, для побудови моделі, щоб залучити менш суб'єктивні причинно-наслідкові зв'язки. Автори використовували BN, щоб дослідити, як людський фактор впливає на морські аварії. Для створення BN вони використали звіти про аварії за 2012-2017 роки від відділу розслідування морських аварій "Marine Accident Investigation Branch" (MAIB) і ради з безпеки на транспорті Канади "Transportation Safety Board of Canada".

Метою мережі було виявлення зв'язків між факторами впливу на ризик "Risk influencing Factors" (RIF) і даними. Було знайдено 25 RIF як змінні, і проведено аналіз чутливості з використанням різних підходів: взаємна інформація, спільна ймовірність і справжній вплив ризику, щоб пояснити, наскільки сильний зв'язок між RIF і типологією нещасного випадку. Нарешті, автори змоделювали минулі морські аварії, щоб підтвердити BN.

5.5.4 Multiple-criteria decision analysis

Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA) використовується у дуже складних контекстах прийняття рішень. Це процедура порівняння, метою якої є пошук найкращого рішення серед різних варіантів на основі багатьох, часто суперечливих критеріїв. Іншими словами, MCDA намагається раціоналізувати процес вибору шляхом оптимізації набору кількох критеріїв, зважених

відповідно до деяких пріоритетів. За допомогою цього аналізу висвітлюється вся інформація, наслідки та перспективи, пов'язані з можливим вибором, який задовольняє критеріям.

Завдяки своїм перевагам (наприклад, адаптивність до незначних змін вхідних даних, здатність враховувати невизначеність), MCDA використовується в різних галузях досліджень, включаючи оцінку ризику зіткнення суден. Однак критерії можуть спричиняти конфлікти один з одним через різні думки експертів, які висувують різні альтернативи та критерії. Крім того, ці методи дуже складно обчислити, якщо врахувати багато змінних.

Деякі з найбільш використовуваних методів – це аналітичний ієрархічний процес "Analytical Hierarchy Process" (AHP) та "Elimination Et Choix Traduisant la REalité" (ELECTRE).

AHP – багатокритеріальне прийняття рішень, розроблене наприкінці 70-х років. За допомогою парних порівнянь він генерує пріоритети для альтернатив і для критеріїв, які використовуються при оцінці альтернатив. Крім того, він узагальнює судження про критерії та альтернативи, щоб отримати глобальне судження, яке представляє раціональне рішення, здатне найкращим чином досягти великої кількості цілей особи, яка приймає рішення.

Іншим найбільш використовуваним методом є метод ELECTRE, який є методом випередження, заснованим на концепціях узгодженості та відсутності розбіжностей. Він складається з двох фаз: агрегації та експлуатації. На першому етапі поняття узгодженості та нерозбіжності використовуються для попарного порівняння альтернатив і будуються різні зв'язки випереджаючого.

Можна розглянути чотири ситуації переваги щодо парного порівняння: байдужість, суворе перевага, слабка перевага та непорівнянність. У першій ситуації альтернативи є еквівалентами; суворе перевага означає, що одна з альтернатив має перевагу над іншими з чітких і позитивних причин; ситуація слабкої переваги означає, що одна з альтернатив має перевагу над іншими, але причин недостатньо для висновку про суворе перевагу, або байдужість і непорівнянність означають, що попередні ситуації неможливі. На

етапі експлуатації використовуються відносини випередження, і головна проблема на цьому етапі полягає в тому, щоб знайти адекватні способи зміни неперехідності та непорівнянності альтернатив. Кожна процедура експлуатації адаптована до трьох проблем: вибір, сортування та ранжування, а сімейство методів ELECTRE пропонує різні методи вирішення цих проблем.

5.5.5 Fuzzy logic

Нечітка логіка (Fuzzy logic) – евристичний підхід, який узагальнює стандартну логіку, у якій усі висловлювання описуються двійковим кодом. Таким чином, нечітка логіка включає нуль і одиницю як крайні випадки істинності та розглядає різні проміжні ступені істинності. Це техніка представлення та маніпулювання невизначеною інформацією. Нечітка логіка складається з нечіткої бази правил, фазифікації, механізму нечіткого висновку та інтерфейсу дефазифікації. База правил містить набір правил і умови "якщо-то", надані експертами. Іншими словами, вхідні дані перетворюються на нечіткий рівень логічного висновку за допомогою схеми "якщо-то", як бази нечітких правил. Потім фазифікація перетворює вхідні значення на нечіткі лінгвістичні змінні. Це нечіткі правила нечіткої логіки. Механізм логічного висновку визначає ступінь відповідності вхідних даних із кожним правилом і вирішує, які правила можна запустити. Зрештою, як впливає з назви, дефазифікація є протилежністю фазифікації, яка переводить лінгвістичні значення в числові.

Нечітка логіка широко використовувалася в минулому в області зіткнень суден, однак не існує стандартного методу для встановлення точних нечітких правил, і це може створити ускладнення під час побудови нечіткої логіки.

Нечітка логіка також може бути застосована для оцінки ризику в реальному часі. Для цього створено систему нечіткого висновку для оповіщення про зіткнення судна. Система нечіткого логічного висновку – система, яка використовує теорію нечітких множин для відображення входів і виходів. Вхідні дані – відстань від

містка, курс судна, швидкість судна та вітру, стан моря, видимість і денний/нічний час. Ці дані отримуються з даних AIS і знань предметної області.

Нещодавно в роботі [3] було запропоновано "Fuzzy Bayesian Networks" (FBN) – нечіткі Байєсовські мережі для оцінки ризику зіткнення суден. Нечітка логіка дозволяє вбирати невизначеність і невизначеність BN. Автори застосували модель у реальному сценарії зіткнення суден, яке сталося в липні 2017 року в Ла-Манші. Група експертів оцінювала ймовірність зіткнення суден і вагові коефіцієнти, які застосовувалися до їхніх оцінок на основі їх професійної кваліфікації, досвіду та рівня освіти. Автори використовували трапецієподібну та трикутну функції належності під час фазифікації та підхід центру області як метод дефазифікації. Вони виявили, що найважливішими факторами, що впливають на зіткнення суден, були людські помилки, помилки управління та організації. Крім того, було створено "Fault Tree Analysis" (FTA) для підтвердження результатів, отриманих FBN.

5.5.6 Density-based clustering methods for multiple ship encounters

Моделювання сценаріїв зіткнення кількох суден є особливо актуальним питанням для систем руху суден (VTS) і морських диспетчерських центрів загалом, щоб керувати рухом суден і попереджати штурманів про можливі зіткнення. У цьому випадку обчислений ризик пов'язаний із зоною, а не з окремим судном, і він називається регіональним ризиком зіткнення. Використання моделювання зіткнень з декількома суднами є необхідним для управління навігацією безпілотних та інтелектуальних суден, і в цілому може підвищити ефективність систем VTS шляхом зменшення когнітивного навантаження на операторів VTS.

Щоб визначити зони ризику, можна використовувати методи кластеризації. Кластеризація – неконтрольований метод машинного навчання, який розбиває набір даних на кластери, що складаються з подібних точок даних. Серед методів кластеризації, "Density-Based Spatial Clustering of applications with Noise" (DBSCAN) ідентифікує і відокремлює області кластерів з високою щільністю від

областей з низькою щільністю. У порівнянні з іншими методами кластеризації, DBSCAN має кращу продуктивність з розрідженими або зашумленими наборами даних. DBSCAN перевершує інші методи кластеризації, такі як ієрархічна кластеризація, яка більше підходить для добре відокремлених кластерів даних, які зазвичай погано працюють за наявності викидів і розріджених даних.

Іншим застосуванням є застосування DBSCAN з використанням даних AIS. Для кожної групи суден розраховується змінний у часі ризик зіткнення "Time-Varying Collision Risk" (TCR). TCR вважає, що стан суден і, отже, ймовірність зіткнення змінюються в часі. У цьому контексті аналіз ризиків на основі TCR дозволяє визначити потенційні зіткнення між суднами в режимі реального часу та кількісно визначити ризик для кожного судна.

Також потенційні зіткнення можна ідентифікувати за допомогою методу швидкісних перешкод "Velocity Obstacle" (VO). VO було розроблено для вивчення руху роботів у динамічному середовищі, де перешкоди представлені в просторі швидкостей і генеруються маневри уникнення, щоб уникнути зіткнень. Подібним чином можна розглянути простір швидкостей суден та їхній рух. Потім VO представляє швидкості зіткнення судна з іншим, що рухається з заданою швидкістю. Знаючи потенційні зіткнення, можна кількісно визначити ризик, використовуючи три показники: TCR критичної відстані, домен кватерніонного судна та складність зустрічі. Зокрема, перший базується на критичній відстані судна; другий залежить від доменів суден, а останній – від навігації суден.

5.5.7 Human error probability

Ймовірність людської помилки – людську помилку можна визначити як різницю між фактичною дією та тією, яку слід було вжити. Їх можна класифікувати як ненавмисні, наприклад, прогалини в пам'яті або помилки, і навмисні дії, наприклад, навмисні порушення та помилки. Як згадувалося раніше, переважна більшість морських аварій відбувається через помилку людини, а їх ідентифікація та

кількісна оцінка відіграють важливу роль в оцінці ризику. Кількісна оцінка людської помилки намагається оцінити, наскільки ймовірна помилка.

Співвідношення допущених помилок до реальних можливостей виникнення помилок відоме як ймовірність людської помилки "Human Error Probability" (HEP):

$$HEP = \frac{\text{number of performed errors}}{\text{number of given opportunities for error to occur}} \quad (5.3)$$

Протягом багатьох років були розроблені різні підходи до оцінки HEP. Одним із них є "Cognitive Reliability and Error Analysis Method" CREAM (метод аналізу когнітивної надійності та помилок). CREAM оцінює ймовірність людської помилки під час виконання певного завдання. Це дозволяє визначити потенційні дії чи завдання, на які може вплинути людський фактор, і розробити заходи для зменшення ймовірності виникнення помилок. CREAM використовує модель контекстного контролю як когнітивну модель, яка базується на чотирьох основних режимах контролю (спостереження, інтерпретація, планування та виконання). Він також використовує схему класифікації, яка складається з фенотипів (модулів помилок) і генотипів (причин). Перші описують, як потенційно можуть виникнути помилки, тоді як генотипи описують причини помилок. Для опису контексту аналізованого сценарію використовується набір загальних умов продуктивності, таких як робочі умови, час доби, доступний час і якість співпраці екіпажу.

Іншим методом розрахунку HEP є модель "Decision Making Trial and Evaluation Laboratory" DEMATEL. Це широко поширений метод, який може оцінити та сформулювати всі пов'язані причинно-наслідкові зв'язки в структурних моделях. Його можна використовувати для візуалізації структури складних причинно-наслідкових зв'язків за допомогою матриць або орграфів. Його побудова складається з трьох основних кроків, які генерують матрицю прямого зв'язку (середнього), нормалізовану матрицю прямого впливу та матрицю загального зв'язку. Зокрема, середня матриця складається з попарного порівняння впливу між факторами прийняття рішення; нормалізована відображає прямі ефекти серед факторів, а матриця загального зв'язку представляє як прямі, так і непрямі ефекти.

5.6 Висновки

В даному розділі магістерської роботи представлено огляд найновіших технологій оцінки ризику зіткнення суден та наведено нові та перспективні технології, а також значні вдосконалення добре налагоджених методів, висвітлюючи основні проблеми, обмеження та можливості. У висновку наведемо слабкі та сильні сторони основних методів аналізу ризиків зіткнення суден.

Успіх традиційних GIA пояснюється простотою їх застосування та низькими обчислювальними витратами. Незважаючи на те, що є місце для майбутніх удосконалень, таких як врахування ефектів маневреності, інтенсивних умов руху, тощо. Загалом GIA неможливе для ефективного моделювання сценаріїв кількох зіткнень. Вони справді обмежені своєю концептуальною структурою, яка дозволяє розглядати лише зв'язки "судно-судно", що робить їх непридатними для моделювання сценаріїв кількох зіткнень.

У цьому відношенні ANNs пропонують багатообіцяючу альтернативу завдяки своєму високому прогностичному потенціалу та придатності для моделювання складних динамічних сценаріїв. При оцінці ризику зіткнення суден ANNs зазвичай навчаються з використанням зображень руху суден як вхідних даних, хоча для аналізу та інтерпретації зображень, як правило, потрібен великий простір пам'яті та великий час навчання. З цією метою нещодавно були представлені алгоритми навчання з підкріпленням, щоб покращити продуктивність навчання, дозволяючи ANNs навчатися за допомогою процедур проб і помилок, а не вимагати великої кількості навчальних даних.

Одним із головних обмежень ANNs є те, що вони покладаються на точні числові вхідні дані та можуть мати проблеми під час обробки неоднозначних або невизначених даних. З цим можна розібратися за допомогою нечіткої математики. Завдяки здатності перетворювати кількісні вхідні дані в нечіткі лінгвістичні змінні, даний метод здатний обробляти складні та неоднозначні вхідні дані відносно простим способом. Однак нечітка математика часто

передбачає суб'єктивне судження та прийняття рішень. Це може внести суб'єктивність в аналіз і ускладнити повторення або перевірку результатів.

У випадку, якщо ANNs непридатні через великий час навчання або потребу в гнучкості, Bayesian networks є ефективною альтернативою, здатною ефективно відображати складні залежності між змінними, легко оновлювати їх структуру, інтегрувати знання експертів і впоратися з невизначеністю у відносно простий спосіб. На відміну від ANNs, структуру BNs можна легко змінити шляхом додавання додаткових вузлів впливу без повного перепроєктування мережі, просто вказавши їхні попередні ймовірності та батьківські вузли. BNs також пропонують перевагу можливості включати змінні, які важко піддати кількісній оцінці, такі як усвідомлення ситуації та розумове навантаження. Однак велика кількість можливих взаємодій між суднами, особливо в складних сценаріях із залученням кількох суден, може породжувати неоднозначні відносини між вузлами. У цьому сенсі можливим майбутнім покращенням може бути включення автоматизованих алгоритмів усунення неоднозначностей. Вони можуть бути корисними, коли неможливо або практично неможливо вручну усунути неоднозначність неоднозначного вузла за допомогою експертних знань або знань, що стосуються предметної області.

Алгоритми машинного навчання можна навчити на даних з мережі, щоб ідентифікувати шаблони та зв'язки, які можна використовувати для усунення неоднозначності вузла. Підходи до автоматизованого усунення неоднозначностей включають використання контрольованих алгоритмів навчання для вивчення структури мережі, алгоритмів неконтрольованого навчання для ідентифікації шаблонів у даних та алгоритмів навчання з підкріпленням для вивчення оптимального способу зміни структури мережі.

Одним із способів легшої інтеграції взаємозалежних факторів у модель оцінки ризику зіткнення є використання підходу MCDA, який передбачає оцінку ряду факторів і присвоєння вагових коефіцієнтів кожному фактору на основі їх значущості. MCDA, як правило, більш підходить, коли задіяно кілька суперечливих цілей, однак, оскільки кількість змінних збільшується, включаючи,

наприклад, погодні умови, маневреність судна, матеріально-технічне забезпечення та людські фактори, може бути складно визначити та зважити всі відповідні критерії. Крім того, MCDA може бути не настільки ефективним для прогнозування ймовірності різних результатів, оскільки він не враховує ймовірнісні зв'язки між змінними і скоріше покладається на суб'єктивні ваги.

Алгоритми кластеризації можуть бути використані для виявлення численних зон зіткнення з високим ризиком. У цьому сенсі результати DBSCAN найбільш ефективні для роботи з розсіяними межами просторового розподілу суден. Основна проблема DBSCAN полягає в тому, що набір параметрів, пов'язаних із формою та розміром кластера, потрібно вказати заздалегідь. Вибір відповідних значень для цих параметрів може бути складним, особливо для наборів даних зі складними або нерівномірно розподіленими кластерами. Крім того, DBSCAN чутливий до порядку обробки точок, що може вплинути на кінцеві результати кластеризації. Ще одна потенційна проблема з DBSCAN полягає в тому, що він погано працює на наборах даних із великою кількістю точок, що змушує алгоритм ідентифікувати багато малих, незначущих кластерів. Крім того, DBSCAN також погано підходить для наборів даних із різною щільністю, через що алгоритм може ідентифікувати кластери дуже різних розмірів і форм. Потенційним покращенням у цьому відношенні є розробка методів для включення додаткових обмежень або вимог у процес кластеризації. DBSCAN – суто об'єктивний алгоритм, і результати аналізу DBSCAN не залежать від особи, яка проводить аналіз. Це може зробити DBSCAN більш послідовним і відтворюваним, але також може зробити його менш гнучким і адаптованим до різних ситуацій і контекстів.

Підходи НЕР забезпечують структуровані рамки для розуміння та аналізу факторів, які сприяють людській помилці, що може допомогти визначити можливості для навчання та інших втручань для зменшення кількості помилок. Є потенційні напрямки розвитку та просування у сфері НЕР. У міру того, як стане доступним більше даних про людські помилки та їх причини, можливо, стане можливим використовувати аналітику даних і методи машинного навчання для визначення закономірностей і тенденцій, а також розробити більш цілеспрямовані та ефективні заходи для запобігання помилкам. Крім того, зростає інтерес до

використання методів когнітивної інженерії, таких як когнітивний аналіз завдань і оцінка когнітивного навантаження, щоб краще зрозуміти розумові процеси та обмеження, які впливають на продуктивність людини, і розробити системи та процеси, які підтримують, а не перешкоджають цим процесам.

Переглянуті методи були класифіковані відповідно до останніх систем класифікації, щоб визначити контекст їх застосування. Огляд показав, що більшість доступних підходів класифікуються як сильні реалісти, причому менше 30% розглянутих методів підпадають під категорії процедуралізму або конструктивізму. Якісні методології залишаються меншістю в панорамі оцінки ризику зіткнення на морі до сьогоднішнього дня.

Представляючи аналіз найновіших підходів і технологій, що використовуються для оцінки ризику зіткнення, огляд призначений для прийняття обґрунтованих рішень про те, як найкращим чином зменшити ризик зіткнення. Аналіз ризиків і управління ними мають вирішальне значення для судноплавства, запобігання виникненню аварій і пом'якшення їх наслідків для окремих ситуацій.

РОЗДІЛ 6

РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ СУДНА В РЕЙСІ

6.1 Розрахунок кількісних показників роботи судна в рейсі

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

Вихідні дані рейсу – судно «ORACLE», перехід Houston – Port Said.

Таблиця 6.1 – Початкові дані для розрахунку рейсу

№	Найменування показників	Умовні позначення	Одиниця вимірювання	Значення
1	2	3	4	5
1	Дедвейт судна «ORACLE»	Δ_w	тона (т)	105380
2	Запаси на початок рейсу	$P_{\text{зап}}$	т	2139,2
3	Відстань між портами	S	миля	6937,8
4	Кількість навантаженого вантажу: Fuel Oil No 1 BOSTCO Fuel Oil No 2 HOFTI	ΣQ	т	90027,47
5	Фрахтова ставка за 1 тону вантажу	f	\$ / т	30
6	Норми навантаження вантажу	$M_{\text{ван}}$	т / год	5000
7	Норми вивантаження вантажу	$M_{\text{вив}}$	т / год	4800
8	Експлуатаційна швидкість	V_s	екс. вузли	11,8
9	Швидкість у каналах, вузостях	V	кан. вузли	7,0

Продовження таблиці 6.1

1	2	3	4	5
10	Добова витрата палива на ходу: важке легке	$q_{пв}^x$ $q_{пл}^{ст}$	т / добу	35,4 3,5
11	Ціна 1 тони палива: важке легке	Ц	\$ / т	600 750
12	Балансова вартість судна	$C_{бал}$	\$	49174020
13	Річна норма амортизації	H_a	%	10
14	Позаексплуатаційний час	$T_{пзе}$	доба	15
15	Чисельність екіпажу	$Ч_{ек}$	чоловік	17
16	Час затримки в дорозі	$t_{зп}$	доба	0,1
17	Додатковий час в портах стоянки	$t_{дод}$	доба	0,5
18	Заробітна платня	$R_{зп}$	\$ / добу	3100
19	Витрати на технічне постачання	$R_{т.пос}$	\$ / добу	400
20	Навігаційні витрати	$R_{нав}$	\$/добу	320
21	Портові збори	$R_{порт}$	\$	120340
22	Агентство суден	$R_{аг}$	\$ / добу	300
23	Витрати на страхування судна	$R_{стр}$	\$ / добу	350
24	Витрати на ремонт	$C_{рем}$	\$ / мр.п.	2000000
25	Вартість одного доковання	$C_{док}$	\$	160000

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

1. Розраховуємо чисту вантажопідйомність судна:

$$\Delta_q = \Delta_w - P_{зап}, \quad (6.1)$$

$$\Delta_q = 105380 - 2139,2 = 102040,8 \text{ т.}$$

2. Розраховуємо експлуатаційний період роботи судна:

$$T_{екс} = T_k - T_{пзе}, \quad (6.2)$$

де: T_k – календарний період, приймаємо 365 діб;

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

3. Розраховуємо час рейсу:

– ходовий час:

$$t_p = S / (V_s \cdot 24) + t_{\text{зп}}, \quad (6.3)$$

$$t_x = 6937,8 / (11,8 \cdot 24) + 0,1 = 24,6 \text{ доби;}$$

– стоянковий час:

$$t_{\text{ст}} = \frac{\sum Q}{M_{\text{ван}}} + \frac{\sum Q}{M_{\text{вив}}} + T_{\text{дод}}, \quad (6.4)$$

$$t_{\text{ст}} = 90027,47 / (5000 \cdot 24) + 90027,47 / (4800 \cdot 24) + 0,5 = 2,1 \text{ доби.}$$

– час рейсу складе:

$$t_p = t_x + t_{\text{ст.}}, \quad (6.5)$$

$$t_p = 24,6 + 2,1 = 26,7 \text{ доби.}$$

4. Розрахуємо провізну спроможність судна:

– зроблено тонно-миль за рейс:

$$\Sigma Q S = 90027,47 \cdot 6937,8 = 624592581 \text{ тонно-миль / рейс;}$$

– зроблено тоннаже-миль за рейс:

$$\Sigma \Delta_{\text{ч}} S = 102040,8 \cdot 6937,8 = 716264022 \text{ тоннаже-миль / рейс}$$

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

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

$$\Sigma F_{\text{рейс}} = 90027,47 \cdot 30 = 2700824 \$ / \text{рейс.}$$

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

Постійні експлуатаційні витрати судна за добу розраховуємо за формулою:

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

– витрати на заробітну плату ($R_{\text{зп}}$) 3100 \$ / добу;

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

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

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

$$R_{\text{хар}} = 17 \cdot 12 = 204 \$ / \text{добу;}$$

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

$$R_{\text{рем}} = ((n_{\text{док}} \cdot C_{\text{док}} + C_{\text{рем}}) / t_{\text{мп}}) / T_{\text{екс}}, \quad (6.9)$$

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

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

$$R_{\text{рем}} = ((160000 + 2000000) / 5) / 350 = 1234 \$ / \text{добу};$$

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

$$R_{\text{ам}} = (C_{\text{бал}} \cdot H_{\text{а}} / 100) / T_{\text{екс}}, \quad (6.10)$$

$$R_{\text{ам}} = (49174020 \cdot 0,1) / 350 = 14050 \$ / \text{добу};$$

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

$$R_{\text{сн}} = (C_{\text{бал}} \cdot H_{\text{сн}} / 100) / T_{\text{екс}}, \quad (6.11)$$

де: $H_{\text{сн}}$ – норма постачання;

$$R_{\text{сн}} = (49174020 \cdot 0,02) / 350 = 2810 \$ / \text{добу};$$

– витрати на технічне постачання ($R_{\text{т.пос.}}$) 400 \$ / добу;

– навігаційні витрати, ($R_{\text{нав}}$) 320 \$ / добу;

– портові збори ($R_{\text{порт}}$) 120340 \$ / рейс;

– витрати з агентування ($R_{\text{аг}}$) 300 \$ / добу;

– витрати на страхування ($R_{\text{стр}}$) 350 \$ / добу.

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

$$R_{\text{екс}} = 3100 + 204 + 1234 + 14050 + 2810 + 400 + 320 + 120340 / 26,7 + \\ + 300 + 350 = 27275 \$ / \text{добу}.$$

7. Розрахуємо непрямі (адміністративно-управлінські) витрати

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

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

$$R_{\text{кос}} = 27275 \cdot 0,02 = 546 \$ / \text{добу}.$$

8. Знаходимо загальні постійні експлуатаційні витрати судна за добу:

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

$$R_{\text{заг}} = 27275 + 546 = 27821 \$ / \text{добу}.$$

9. Знаходимо загальні постійні експлуатаційні витрати судна за рейс:

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

$$\Sigma R_{\text{заг.екс}} = 27821 \cdot 26,7 = 742821 \$ / \text{рейс}.$$

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

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

$$R^B_x = k_{\text{см}} \cdot q^x_{\text{пв}} \cdot Ц \quad (6.15)$$

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

$$R^B_x = 1,1 \cdot 35,4 \cdot 600 = 23364 \$ / \text{добу}.$$

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

$$R^L_{\text{ст}} = k_{\text{см}} \cdot q^{\text{ст}}_{\text{пл}} \cdot Ц, \quad (6.16)$$

$$R^L_{\text{ст}} = 1,1 \cdot 3,5 \cdot 750 = 2888 \$ / \text{добу}.$$

– витрати на паливо та мастильні матеріали витрати за рейс:

$$\Sigma R_{\text{пер}} = (R^B_x \cdot t_x) + (R^L_{\text{ст}} \cdot t_{\text{ст}}) \quad (6.17)$$

$$\Sigma R_{\text{пер}} = 23364 \cdot 24,6 + 2888 \cdot 5,0 = 589194 \$ / \text{рейс}.$$

11. Знаходимо загальні витрати судна за рейс:

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

$$\Sigma R_{\text{рейс}} = 742821 + 589194 = 1332015 \$ / \text{рейс}.$$

12. Знаходимо прибуток судна за рейс:

$$\Sigma \Pi_{\text{рейс}} = \Sigma F_{\text{рейс}} - \Sigma R_{\text{рейс}}, \quad (6.19)$$

$$\Sigma \Pi_{\text{рейс}} = 2700824 - 1332015 = 1368809 \$ / \text{рейс}.$$

Прибуток судна «ORACLE» з порту Houston в порт Port Said з вантажем Fuel Oil No 1 BOSTCO та Fuel Oil No 2 HOFTI за рейс склав 1368809 \$ / рейс.

6.2 Розрахунок якісних показників роботи судна в рейсі

Якісні показники роботи судна в рейсі розраховуємо за методикою [Сотниченко Л.Л., Бабаченко М.В. Економіка водного транспорту: методичні вказівки розрахункової роботи. – Одеса: НУ «ОМА» – 2017, с. 20]:

1. Коефіцієнт використання календарного періоду:

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

2. Коефіцієнт завантаження судна:

$$\alpha_z = \Sigma Q / \Delta_{\text{ч}} = 90027,47 / 102040,8 = 0,882 = 0,882$$

3. Середньодобова експлуатаційна швидкість:

$$V_{\text{ср}} = S / t_x = 6937,8 / 24,6 = 282,02.$$

4. Коефіцієнт ходового часу:

$$\varepsilon_x = t_x / t_p = 24,6 / 26,7 = 0,921.$$

5. Продуктивність однієї тони вантажопідйомності судна в добу експлуатації:

$$\mu_v = \alpha_z \cdot V_{\text{ср}} \cdot \varepsilon_x = 0,882 \cdot 282,02 \cdot 0,921 = 229,09105044.$$

6. Валова прибутковість одних судно-діб:

$$\mu = \Sigma F_{\text{рейс}} / t_p = 2700824 / 26,7 = 101154 \$ / \text{добу}.$$

7. Собівартість перевезення однієї тони вантажу в рейсі:

$$S_T = \Sigma R_{\text{рейс}} / \Sigma Q = 1332015 / 90027,47 = 14,79 \$ / \text{тону}.$$

8. Собівартість 1 тонно-милі в рейсі:

$$S_{T-M} = \Sigma R_{\text{рейс}} / \Sigma Q \cdot S = 1332015 / 624592581 = 0,0021326 \$ / \text{т-м}.$$

9. Собівартість утримання судна в добу експлуатації:

$$S_{c-c} = \Sigma R_{\text{РЕЙС}} / t_p = 1332015 / 26,7 = 49888 \$ / \text{добу екс}.$$

10. Рівень дохідності являє відношення доходів до витрат:

$$PF = \Sigma F_{\text{рейс}} / \Sigma R_{\text{рейс}} = 2700824 / 1332015 = 2,03.$$

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.

6.3 Прогнозування роботи судна, оцінка ефективності рейсу

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

формулою (6.2) за методикою [Сотниченко Л.Л., Бабаченко М.В. Економіка водного транспорту: методичні вказівки розрахункової роботи. – Одеса: НУ «ОМА» – 2017, с. 20]:

1. Число рейсів за експлуатаційний період:

$$\begin{aligned} \text{Ч}_p &= T_{\text{екс}} / t_p \\ \text{Ч}_p &= 350 / 26,7 = 13,11. \end{aligned} \quad (6.20)$$

2. Обсяг перевезеного вантажу за експлуатаційний період:

$$\begin{aligned} \Sigma Q_{\text{екс}} &= \Sigma Q \cdot \text{Ч}_p \\ \Sigma Q_{\text{екс}} &= 90027,47 \cdot 13,11 = 1180260 \text{ т} / \text{рік}. \end{aligned} \quad (6.21)$$

3. Обсяг транспортної роботи за експлуатаційний:

$$\begin{aligned} \Sigma QS_{\text{екс}} &= \Sigma QS \cdot \text{Ч}_p \\ \Sigma QS_{\text{екс}} &= 624592581 \cdot 13,11 = 8188408737 \text{ т-миль} / \text{рік}. \end{aligned} \quad (6.22)$$

4. Дохід за експлуатаційний період:

$$\begin{aligned} \Sigma F_{\text{екс}} &= \Sigma F_{\text{рейс}} \cdot \text{Ч}_p \\ \Sigma F_{\text{екс}} &= 2700824 \cdot 13,11 = 35407803 \$ / \text{рік}. \end{aligned} \quad (6.23)$$

5. Загальні витрати судна за експлуатаційний період:

$$\begin{aligned} \Sigma R_{\text{екс}} &= R_{\text{рейс}} \cdot \text{Ч}_p \\ \Sigma R_{\text{екс}} &= 1332015 \cdot 13,11 = 17462717 \$ / \text{рік}. \end{aligned} \quad (6.24)$$

6. Прибуток судна за експлуатаційний період:

$$\begin{aligned} \Sigma \Pi &= \Pi_p \cdot \text{Ч}_p \\ \Sigma \Pi &= 1368809 \cdot 13,11 = 17945086 \$ / \text{рік}/ \end{aligned} \quad (6.25)$$

7. Рівень дохідності роботи судна за експлуатаційний період:

$$\begin{aligned} \Sigma PF &= \Sigma F_{\text{екс}} / \Sigma R_{\text{екс}} \\ PF &= 35407803 / 17462717 = 2,03. \end{aligned} \quad (6.26)$$

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

Таблиця 6.2 – Кількісні та якісні показники виконаного рейсу

№	Найменування показників	Умовні позначення	Одиниця вимірювання	Значення
1	Валовий дохід	F	\$	2700824
2	Затрати загальні	R	\$	1332015
3	Прибуток	П	\$	1368809
4	Коефіцієнт ходового часу	ϵ_x	—	0,921
5	Середньодобова експлуатаційна швидкість	V_{cp}	милі / добу	282,02
6	Дохідність судна	μ	\$/добу	101154
7	Рівень дохідності	PF	—	2,03
8	Собівартість перевезення 1 т вантажу	S_t	\$ / т	14,79
9	Собівартість 1 т-м	S_{t-m}	\$ / т-м	0,0021326
10	Собівартість утримання судна за добу експлуатації	S_{c-c}	\$ / добу	49888

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

Рівень дохідності 2,03, прибуток 1368809 \$ за рейс, а за експлуатаційний період прибуток складе 17945086 \$.

Судно «ORACLE» доцільно використовувати на даній лінії.

РОЗДІЛ 7

ОХОРОННІ ЗАХОДИ І ЦИВІЛЬНА ОБОРОНА НА СУДНІ

7.1 Прогнозування наслідків надзвичайної ситуації на об'єкті морського транспорту

7.1.1 Вихідні дані (сценарій виникнення надзвичайної ситуації на об'єкті морського транспорту)

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

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

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

7.1.2 Оцінка масштабів хімічного зараження території

Виконання розрахунків ведеться 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 $Q_{\text{з1}}$ (т) речовини у первинній хмарі:

$$Q_{\text{з1}} = K_1 \cdot K_3 \cdot K_5 \cdot K_7^1 \cdot Q_0 = 0,18 \cdot 0,04 \cdot 0,23 \cdot 1 \cdot 330 = 0,55 \text{ т} \quad (7.1)$$

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; $K_{71} = 1$ 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 (m^2) аміаку дорівнює:

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

де: V_p – об'єм аміаку, що розлився, m^3 ; $Q_0 = 330$ т – кількість аміаку, що розлився при аварії; $\rho = 0,681$ т/ m^3 – 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

Найме- нування СДОР	Щільність СДОР, т/ м³		Температура кипіння, °С	Порогова токсодоза, мг·хв/л	Значення допоміжних коефіцієнтів							
	Газ	Рідина			К1	К2	К3	К7 для температури повітря (°С)				
								– 40	– 20	0	20	40
Аміак	0,0008	0,681	–33,4	15	0,18	0,025	0,04	<u>0</u> 0,9	<u>0,3</u> 1	<u>0,6</u> 1	<u>1</u> 1	<u>1,4</u> 1

Примітка. У таблиці наведені значення K_7 для вторинної хмари, тобто $K_7 = K_{71}$.

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:

$$T = h \cdot \rho / (K_2 \cdot K_4 \cdot K_7^{II}) + 1 / (K_M \cdot v_{\Pi}) = 2,19^{\Gamma} \approx 2^{\Gamma} 12^{XB},$$

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); $K_7^{II} = 1$ – 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); $v_{\Pi} = 6$ 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	$1 \leq$	2	3	4	5	6	7	8	9	10
K_4	1	1,33	1,67	2,0	2,34	2,67	3,0	3,34	3,67	4,0

Таблиця 7.4 – Значення коефіцієнту K_M залежно від впливу характеру місцевості

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

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

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

Розраховуємо еквівалентну кількість аміаку $Q_{\Sigma 2}$ (т) у вторинній хмарі:

$$Q_{\Sigma 2} = (1 - K_1) \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot K_7^{\text{II}} \cdot Q_0 / (h \cdot \rho) = 1,83 \text{ т},$$

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 $N = 1$ год.

4) Визначення глибини і площі зони зараження.

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

Таблиця 7.6 – Глибина (км) зони зараження

Швидкість вітру, м/с	Еквівалентна кількість СДОР, т								
	0,01	0,05	0,1	0,5	1	3	5	10	20
1 та менше	0,38	0,85	1,25	3,16	4,75	9,18	12,53	19,20	29,56
2	0,26	0,59	0,84	1,92	2,84	5,35	7,20	10,83	16,44
3	0,22	0,48	0,68	1,53	2,17	3,99	5,34	7,96	11,94
4	0,19	0,42	0,59	1,33	1,88	3,28	4,36	6,46	9,62
5	0,17	0,38	0,53	1,19	1,68	2,91	3,75	5,53	8,19

Так як первинна хмара $Q_{\Sigma 1} = 0,55$ т та швидкості вітру $u = 0,5$ м/с глибина зони зараження буде дорівнювати: $\Gamma_1 = 0,88$ км.

Для $Q_{\Sigma 2} = 1,83$ т та 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 и Γ_2 .

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

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

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

$$\Gamma = \min \left\{ \begin{matrix} \Gamma_{\Sigma} \\ \Gamma_{\Pi} \end{matrix} \right\} = 6,0 \text{ км}.$$

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: $\Gamma = 6$ 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
φ , °	360	180	90	45

Визначаємо площу зони фактичного зараження S_f (км²):

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

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 і 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 $\Gamma = 6$ 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):

$$\Gamma_1 = \lambda \cdot K_M \cdot \left(\frac{Q_3}{D_1} \right)^\Psi = 3,73 \cdot 0,2 \cdot \left(\frac{2,38}{15} \right)^{0,606} = 0,24 \text{ км},$$

де: $\lambda = 3,73$; $\Psi = 0,606$ – коефіцієнти, що залежать від швидкості вітру (табл. 7.8); $Q_3 = Q_{31} + Q_{32} = 0,55 + 1,83 = 2,38$ 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):

$$\Gamma_{0,41} = \lambda \cdot K_M \cdot \left(\frac{Q_3}{D_{0,41}} \right)^\Psi = 3,73 \cdot 0,2 \cdot \left(\frac{2,38}{6} \right)^{0,606} = 0,42 \text{ км},$$

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 $\Gamma_{0,21}$ (км):

$$\Gamma_{0,21} = \lambda \cdot K_M \cdot \left(\frac{Q_3}{D_{0,21}} \right)^\Psi = 3,73 \cdot 0,2 \cdot \left(\frac{2,38}{3} \right)^{0,606} = 0,65 \text{ км},$$

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

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

б) 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:

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

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

7.1.3 Висновки та рекомендовані заходи для зменшення людських втрат

Проведена оцінка масштабів хімічного зараження території в результаті аварійного розливу аміаку біля танкеру «Emerald Star» показала, що хмара зараженого повітря досягне межі житлової надбудови судна, де укритися екіпаж, через $1^{\text{год}} 40^{\text{хв}}$. 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, до персоналу, відповідального 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 «ORACLE» за маршрутом Houston – Port Said.

В результаті роботи отримано наступне:

- приведені основні характеристики Oil Tanker «ORACLE»: основні відомості про судно, транспортно-експлуатаційні характеристики судна та його маневрені характеристики, навігаційне обладнання та забезпечення непотоплюваності;

- виконано аналіз, оцінку та планування навігаційного переходу, виконані навігаційні розрахунки для забезпечення безпеки плавання;

- вивченні транспортні характеристики вантажу, складено оптимальний вантажний план;

- проведена оцінка морехідних якостей судна, побудовані діаграми остійності на відхід та прихід, перевірена загальна міцність корпусу судна;

- виконано огляд проблеми «Нові підходи оцінки ризику зіткнення суден у морі». Мета роботи – огляд найновіших технологій оцінки ризику зіткнення суден та наведено нові та перспективні технології, а також значні вдосконалення добре налагоджених методів, висвітлюючи основні проблеми, обмеження та можливості. У ході дослідження було наведено слабкі та сильні сторони основних методів аналізу ризиків зіткнення суден.

- виконано розрахунок економічних показників роботи судна в рейсі;

- розглянуті питання безпеки та виживання на морі, прогнозування наслідків надзвичайної ситуації на об'єкті морського транспорту, які дуже актуальні 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. «ORACLE»: BGZ021/SF-003 – Loading Manual and Stability Information.
3. Міжнародна Конвенція з охорони людського життя на морі (SOLAS-74), 2014.
4. Міжнародна Конвенція та Кодекс з підготовки і дипломування моряків та несення вахти (STCW-78 з 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: ЮЖНИИМФ, 1998.
7. Bridge Team Management. – 2nd Edition, 2004.
8. Bridge Procedures Guide. – 5th Edition, 2016.
9. Bowditch N. American Practical Navigator. USA, 2002 – 877p.
10. NP 131. Catalogue of Admiralty Charts and Publication, 2021.
11. NP 283(2). Admiralty List of Radio Signals. Maritime Safety Information Services: The Americas, Far East and Oceania, 2020.
12. NP 285. Admiralty List of Radio Signals. Global Maritime Distress and Safety System, 2021.
13. NP 286(4). Admiralty List of Radio Signals. Pilot Services, Vessel Traffic Services and Port Operations: Indian sub-continent, South East Asia and Australasia, 2021.
14. NP 286(6). Admiralty List of Radio Signals. Pilot Services, Vessel Traffic Services and Port Operations: North East Asia, 2021.
15. NP 1. Africa Pilot. Vol. I. – 19th Edition, 2020.
16. NP 45. Mediterranean Pilot. Vol. I. – 17th Edition, 2021.
17. NP 49. Mediterranean Pilot. Vol. V. – 15th Edition, 2020.

18. NP 67. West Coast Of Spain And Portugal Pilot. – 14th Edition, 2021.
19. NP 69. East Coast Of The United States Pilot, Vol. II. – 15th Edition, 2021.
20. NP 70. West Indies Pilot, Vol. I. – 8th Edition, 2021.
21. NP 136. Admiralty Ocean Passages for the World. – 6th Edition, 2014.
22. Дмитриев В.И., Григорян В.Л., Катенин В.А. Навигация и лоция. – М.: Академкнига, 2004 – 471с.
23. Ермолаев Г.Г. Морская лоция, 4-е изд. – М.: Транспорт, 1982 – 392с.
24. Красавцев Б.И. Мореходная астрономия, 3-е изд.–М.Транспорт, 1986–255с.
25. Синяев В.А., Мельничук М.П., Чирков В.П. Практическая мореходная астрономия. – Одесса: Диол.-Принт, 2009 – 152с.
26. NP 314. The Nautical Almanac, 2021.
27. NP 204. South Pacific Ocean (including Tidal Stream tables), 2021.
28. NP 205. South China Sea and Indonesia (including Tidal Stream tables), 2019.
29. NP 206. North Pacific Ocean (including Tidal Stream tables), 2019.
30. Алексишин В.Г., Козырь Л.А., Симоненко С.В. Обеспечение навигационной безопасности плавания. – Одесса: Феникс, 2009 – 518с.
31. Николаева Л.Л. Коммерческая эксплуатация судна. – Одесса: Феникс, 2006 – 754 с.
32. Савчук В.Д. Технологія перевезення вантажів. – Одеса: Видав Інформ, 2008 – 335 с.
33. International Convention for the Prevention of Pollution from Ships (MARPOL-73/78), 2017.
34. International Maritime Dangerous Goods Code (IMDG Code), 2016.
35. International Maritime Solid Bulk Cargoes Code (IMSBC Code), 2018.
36. Code of Practice for the Safe Loading and Unloading of Bulk (BLU Code), 2011.
37. Thomas Stowage: The Properties and Stowage of Cargoes, 2018.
38. Adoption of the International Code on Intact Stability (2008 IS Code), Resolution MSC.267(85), 2008.
39. Сизов В.Г. Теория корабля, 4-е изд. – Одесса: Фенікс, 2008 – 464 с.

40. Максимаджи А.И. Капитану о прочности судна. – Л.: Судостроение, 1988 – 224 с.
41. Fan S., Blanco-Davis E., Yang Z., Zhang J., Yan X. Corporation of human factors into maritime accident analysis using a data-driven Bayesian network, 2020.
42. Aydin M., Akyuz E., Turan O., Arslan O. Validation of risk analysis for ship collision in narrow waters by using fuzzy Bayesian networks approach, 2021.
43. M Marino, L Cavallaro, E Castro, RE Musumeci, M Martignoni, F Roman, E Foti. New frontiers in the risk assessment of ship collision, 2023.
44. P Chen, Y Huang, J Mou, P Van Gelder. Probabilistic risk analysis for ship-ship collision: State-of-the-art, 2019.
45. Винников В.В. Экономика предприятия морского транспорта – Одесса: Феникс, 2011 – 944с.
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, 2017–325с.
47. Сотниченко Л.Л., Бабаченко М.В. Економіка водного транспорту: методичні вказівки розрахункової роботи – Одеса: НУОМА, 2017 – 20с.
48. Колегаев М.А., Иванов Н.Г., Басанец Н.Г. Безопасность жизнедеятельности и выживание на море – Одесса: ОНМА, 2008 – 417с.
49. Зеленін М.П. Ергономіка на морському транспорті – Одеса: МНПЦ "Банто", 1999 – 382с.
50. Торский В.Г., Топалов В.П. Конвенция СОЛАС-74. Краткий обзор – Одесса: ОНМА, 2009 – 96с.
51. Долгих С.М. 100 вопросов и ответов по МАРПОЛ 73/78 – Одесса, 2006.
52. Терновський В.Б. Методичні вказівки по виконанню розділу «Охоронні заходи і цивільна оборона на судні» – Одесса: ОНМА, 2015.