

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

Навчально-науковий інститут навігації

Кафедра морських перевезень

ДИПЛОМНА РОБОТА МАГІСТРАНТА

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

Громова Олексія Сергійовича

(прізвище, ім'я по-батькові)

Тема роботи: **Комплексне опрацювання та дослідження етапів переходу судна «Pacific Rizhao» за маршрутом Х'юстон – Суапе**

Підпис магістранта _____

Завідувач кафедри _____

Керівник _____

Рецензент _____

Нормоконтроль _____

м. Одеса
2025 рік

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ОДЕСЬКА МОРСЬКА АКАДЕМІЯ»

Навчально-науковий інститут навігації

кафедра

морських перевезень

спеціалізація 271.01 Навігація і управління морськими суднами

"ЗАТВЕРДЖУЮ"

Завідувач кафедри

" 04 " 09 2025 р.

З А В Д А Н Н Я

по дипломній роботі магістранта

Громова Олексія Сергійовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. **Тема роботи:** **Комплексне опрацювання та дослідження етапів переходу судна «Pacific Rizhao» за маршрутом Х'юстон–Суапє**
затверджена наказом по НУОМА від " 10 " грудня 2025 р. № 1503
2. Строк здачі курсантом закінченої роботи " 10 " грудня 2025 року
3. **Вхідні дані до роботи:**
 - Методичні вказівки для виконання магістерської роботи;
 - Суднова документація по контейнеровозу;
 - Міжнародні кодекси, конвенції та резолюції;
 - Нормативно-довідкова література, інформаційні бази даних з теми судноплавства;
 - Статистичні данні, їх аналіз і висновки в сфері морського транспорту
4. **Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що підлягають розробці):**
 1. Характеристики судна
 2. Аналіз, оцінка та планування та розміщення вантажів
 3. Обробка та розміщення вантажів
 4. Оцінка морехідних якостей судна
 5. Застосування зрідженого природного газу як палива у забезпеченні екологічної безпеки судноплавства
5. **Перелік графічного матеріалу:**
 1. Графічний план переходу
 2. Вантажний план газовозу
 3. Карта ЕСА-зон
 4. Порівняння річних витрат між HFO та LNG для різних номінальних параметрів двигуна

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

Розділ	ПІБ консультанта	Підпис і дата
1. Характеристики судна	доц. Бичков Д.В.	
2. Аналіз, оцінка та планування навігаційного переходу	доц. Бичков Д.В.	
3. Обробка та розміщення вантажів	доц. Бичков Д.В.	
4. Оцінка морехідних якостей судна	доц. Бичков Д.В.	
5. Застосування зрідженого природного газу як палива у забезпеченні екологічної безпеки судноплавства	доц. Бичков Д.В.	
6. Розрахунок економічних показників роботи судна в рейсі (кафедра «Менеджменту і економіки морського транспорту»)	доц. Бичков Д.В.	
7. Охоронні заходи та цивільна оборона на судні (кафедра «Судноводіння»)	доц. Бичков Д.В.	

7. Календарний план дипломної роботи магістранта

№ з/п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Характеристики судна	12.09.2025	виконано
2.	Аналіз, оцінка та планування навігаційного переходу	26.09.2025	виконано
3.	Обробка та розміщення вантажів	16.10.2025	виконано
4.	Оцінка морехідних якостей судна	30.10.2025	виконано
5.	Застосування зрідженого природного газу як палива у забезпеченні екологічної безпеки судн.	28.11.2025	виконано
6.	Розрахунок економічних показників роботи судна в рейсі	03.12.2025	виконано
7.	Охоронні заходи та цивільна оборона на судні	08.12.2025	виконано

Дата видачі завдання 04.09.2025

Керівник _____ Завдання до виконання прийняв _____

Магістерська робота містить ____ сторінок, ____ рисунка, ____ таблиць, ____ використане джерело.

Зібрано характеристики судна «Pacific Rizhao».

Проаналізовано, оцінено та розплановано навігаційний перехід. Оброблено та розміщено вантажі. Оцінено морехідні якості судна.

Розраховано економічні показники роботи судна в рейсі та економічний прибуток від використання ЗПГ на конкретному прикладі.

Досліджено використання зрідженого природного газу як палива для суден.

Виконано аналіз переваг переходу на альтернативний вид палива на екологію.

Оцінено охорону праці в галузі та проаналізовано важливість громадянської оборони.

Ключові слова: зріджений природний газ, альтернативне паливо, екологія, собівартість перевезення.

The master's thesis contains ____ pages, ____ pictures, ____ tables, ____ sources.

The characteristics of the ship «Pacific Rizhao» have been collected.

Analyzed, assessed and planned navigation passage. Loaded and moved cargo.

The driving qualities of the car are estimated.

Economic performance indicators and economic profit from the use of LNG on a specific example are developed.

The master's thesis is devoted to the study of use of liquefied natural gas as a fuel for ships.

An analysis of the benefits of switching to an alternative type of fuel for the environment was performed.

The scope of work in the industry is estimated and the importance of civil defense is analyzed.

Keywords: liquefied natural gas, alternative fuel, ecology, transportation cost.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	..
РОЗДІЛ 1 ХАРАКТЕРИСТИКИ СУДНА.....	
1.1 Загальні відомості і головні розміри судна.....	
1.2 Транспортно-експлуатаційні характеристики судна.....	
1.3 Маневрені характеристики	
1.4 Навігаційне обладнання	
1.5 Забезпечення непотоплюваності.....	
РОЗДІЛ 2 АНАЛІЗ, ОЦІНКА ТА ПЛАНУВАННЯ НАВІГАЦІЙНОГО ПЕРЕХОДУ.....	19
2.1 Загальні вимоги до аналізу та плануванню навігаційного переходу	
2.2 Оцінка запланованого переходу.....	
2.2.1 Підготовка для прийому та обміну навігаційною інформацією на переході... ..	
2.2.2 Збір та аналіз гідрометеорологічної інформації	
2.2.3 Збір та аналіз навігаційної інформації при прибережному плаванні	
2.3 Навігаційні розрахунки для забезпечення безпеки плавання	
2.3.1 Розрахунок ортодромії.....	
2.3.2 Складання маршрутних листів	
2.3.3 Графічний план переходу	
2.3.4 Розрахунок природної освітленості	

2.3.5 Розрахунок висот приливів та побудова графіків приливів	
2.4 Висновки.....	
3 ОБРОБКА ТА РОЗМІЩЕННЯ ВАНТАЖІВ	
3.1 Транспортні характеристики вантажів	
3.1.1 Наливні вантажі	
3.2 Підготовка вантажних приміщень до прийому вантажів та документальне оформлення морського перевезення.....	
3.3 Розрахунок чистої вантажопідйомності судна	
3.4 Складання вантажного плану	
3.5 Характеристика експлуатаційних умов рейсу	
4 ОЦІНКА МОРЕХІДНИХ ЯКОСТЕЙ СУДНА	
4.1 Розрахунок водотоннажності і координат центра ваги судна.....	
4.2 Розрахунки посадки і початкової остійності	
4.3 Контроль остійності за матеріалами Інформації	
4.4 Розрахунок і побудова діаграм остійності	
4.5 Розрахунки нормованих параметрів остійності.....	
4.6 Перевірка виконання рекомендованих ІМО критеріїв остійності.....	
4.7 Контроль загальної поздовжньої міцності судна	
5. ЗАСТОСУВАННЯ ЗРІДЖЕНОГО ПРИРОДНОГО ГАЗУ ЯК ПАЛИВА У ЗАБЕЗПЕЧЕННІ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ СУДНОПЛАВСТВА.....	
5.1 Історія використання зрідженого природного газу як палива для суднових енергетичних установок.....	
5.2 Переваги використання зріджених природних газів.....	

5.2.1 Економія витрат на паливо.....	
5.2.2 Екологічні переваги.....	
5.2.3 Переобладнання двигунів.....	
5.3 Бункерування зрідженим природнім газом на суден.....	
5.4 Основні висновки.....	
РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ СУДНА В РЕЙСІ.....	
6.1 Загальна частина.....	
6.2 Методика розрахунку кількісних експлуатаційно показників роботи судна в рейсі.....	
6.3 Методика розрахунку якісних експлуатаційно-економічних показників роботи судна в рейсі.....	
6.4 Прогнозування роботи судна за експлуатаційний період	
6.5 Оцінка ефективності виконаного рейсу і роботи судна за експлуатаційний період	
7 ОХОРОННІ ЗАХОДИ І ЦИВІЛЬНА ОБОРОНА НА СУДНІ.....	
7.1 Прогнозування наслідків надзвичайної ситуації на об'єкті морського транспорту	
7.1.1 Вихідні діні.....	
7.1.2 Оцінка масштабів хімічного зараження території.....	
7.1.3 Висновки і рекомендовані заходи для зменшення людських втрат	

7.1.4 Стандартні робочі процедури при отриманні повідомлення про виявлення на території портової споруди, що взаємодіє із судном, підозрілого предмета.....

ВИСНОВКИ.....

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....

ВСТУП

Актуальність теми. Судноплавство, як один із основних видів транспортування, забезпечує 80% всього світового вантажообігу. Морські перевезення забезпечують функціонування та розвиток цілих країн, і на сьогоднішній день альтернативи судноплавству немає. Викиди з міжнародного судноплавства досягають значно високих рівнів, які мають серйозний вплив не лише на навколишнє середовище (глобальне потепління атмосфери), але й на суспільство, що спричиняє серйозні проблеми зі здоров'ям. Крім того, найближчим часом передбачається ще більший ріст світової морської торгівлі, що спричинить більше забруднення повітря суднами. Тому для запобігання парникового ефекту з цього року Міжнародна конвенція щодо запобігання забрудненню океану (МАРПОЛ) прийняла більш суворі правила щодо вмісту сірки та оксидів азоту в судовому паливі.

Основною метою даної дослідницької роботи є використання зрідженого природного газу як альтернативного палива на судах.

Завданням, впливаючи із мети, є необхідність виконати наступну роботу: дослідити характеристики конкретного судна, проаналізувати, оцінити та розпланувати навігаційний перехід, обробити та розмістити вантажі, оцінити морехідні якості судна, дослідити особливості використання ЗПГ в якості палива, розрахувати економічні показники роботи судна в рейсі, оцінити охорону праці в галузі та проаналізувати важливість громадянської оборони.

Об'єкт дослідження є процес використання ЗПГ як палива на судах.

Предмет дослідження є вплив на екологію і собівартість перевезення при використанні газу в якості палива.

В роботі використовувались методи аналізу, емпіричний метод, візуальні, та графічні методи, логіко-аналітичні та математичні методи дослідження.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в уточненні та доповненні існуючих даних про використання ЗПГ в якості палива.

Результати даної магістерської роботи можуть бути застосовані при необхідності оптимізації роботи контейнерного судна як комерційної ланки світової торгівлі.

РОЗДІЛ 1

ХАРАКТЕРИСТИКИ СУДНА

В магістерській роботі комплексна проробка рейсу виконувалась на газовозі «Pacific Rizhao», яке ходить під прапором Ліберії.

1.1 Загальні відомості і головні розміри судна

Основні відомості газовозу «Pacific Rizhao» представлені у вигляді табл. 1.1 [1, 2].

Таблиця 1.1 – Основні відомості про судно

№	Параметри	Характеристики
1	2	3
1.	Назва судна	«Pacific Rizhao»
2.	Тип судна	Liquefied Gas Carrier
3.	Позивний сигнал судна	5LWP9
4.	ІМО №	9739989
5.	ММСІ №	636025270
6.	Рік і місце будівництва	Keel Laid: 13/10/2015; Delivered: 12/04/2016. Daewoo Shipbuilding& Marine Engeneering Co., Ltd. Yard number H2342
7.	Клас Регістра	CCS:★CSA Liquefied Gas Carrier Type 2G; Max. Vapour Pressure 0.0275 MPa ;Minimum Cargo Temperature -52 °C; In-Water Survey; BWMP; Loading Computer (S, I, D); Type A Independent Tank; PSPC(B); GPR; BWMS; AUT-0; SCM
8.	Порт приписки	Monrovia (Flag: Liberia)

Продовження табл. 1.1

1	2	3																																														
9.	Судновласник	Pacific Virgo Limited (Hong Kong)																																														
10.	Менеджмент:	PG Shipmanagement PTE. Ltd.																																														
11.	Довжина найбільша (L), м:	226,05																																														
12.	Довжина між перпендикулярами (L _{LL}), м:	219,00																																														
13.	Ширина найбільша (B), м:	36,6																																														
14.	Висота борту до верхньої палуби (H), м:	22,2																																														
15.	Найбільше осідання (T), м:	Tл = 12,019; Tт = 12,269; Tз = 11,769																																														
16.	Осадка (Т) в повному вантажу і порожньому, м:	Tmax = 12,019; Tmin = 3,600																																														
17.	Водотоннажність, т: в повному вантажу (Δ): порожньому (Δ ₀):	73711,00; 19217,00																																														
18.	Повна вантажопідйомність (Δ _w), т:	54494,00																																														
19.	Головний двигун: тип: потужність, кВт/к.с.: частота обертання, об/хв.:	Hyundai Heavy Industries Co Ltd; MAN-B&W 6G60ME-C9.2; 12420 & 92,3 RPM																																														
20.	Режими роботи головного двигуна:	<table><tr><td colspan="2" rowspan="2">Engine order</td><td rowspan="2">rpm/pitch setting position</td><td colspan="2">Speed(kts)</td><td rowspan="2">Engine order</td><td rowspan="2">Combinator Lever Position</td></tr><tr><td>Loaded</td><td>Ballast</td></tr><tr><td rowspan="5">ahead</td><td>Full sea</td><td>92.3</td><td>17.3</td><td>17.9</td><td rowspan="5">astern</td><td>Emcy Full</td><td>-</td></tr><tr><td>Full</td><td>60.0</td><td>11.3</td><td>12.0</td><td>Full</td><td>60.0</td></tr><tr><td>Half</td><td>46.2</td><td>8.5</td><td>9.2</td><td>Half</td><td>46.2</td></tr><tr><td>Slow</td><td>33.0</td><td>5.5</td><td>6.2</td><td>Slow</td><td>33.0</td></tr><tr><td>Dead slow</td><td>26.1</td><td>3.1</td><td>3.5</td><td>Dead slow</td><td>22.4</td></tr></table>						Engine order		rpm/pitch setting position	Speed(kts)		Engine order	Combinator Lever Position	Loaded	Ballast	ahead	Full sea	92.3	17.3	17.9	astern	Emcy Full	-	Full	60.0	11.3	12.0	Full	60.0	Half	46.2	8.5	9.2	Half	46.2	Slow	33.0	5.5	6.2	Slow	33.0	Dead slow	26.1	3.1	3.5	Dead slow	22.4
Engine order		rpm/pitch setting position	Speed(kts)		Engine order	Combinator Lever Position																																										
			Loaded	Ballast																																												
ahead	Full sea	92.3	17.3	17.9	astern	Emcy Full	-																																									
	Full	60.0	11.3	12.0		Full	60.0																																									
	Half	46.2	8.5	9.2		Half	46.2																																									
	Slow	33.0	5.5	6.2		Slow	33.0																																									
	Dead slow	26.1	3.1	3.5		Dead slow	22.4																																									
21.	Швидкість судна, вузл.: завантаженого: в баласті:	17,3; 17,9																																														

Продовження табл. 1.1

1	2	3
22.	Гребний гвинт: кількість лопастей, од.: діаметр та крок гвинта, мм.: дискове відношення: напрямок обертання:	Fixed pitch propeller 4 EA; 7400 та 5971,06; 0,8069; Right Handed
23.	Тип керма:	Full Spade Ruder
24.	Тип стернової машини:	Electrohydraulic
25.	Судова електростанція: Склад суднової радіоапаратури відповідає вимогам районів А3 та включає в себе:	SAT.COMMU.SYSTEM (INMARSAT-C); NAVTEX RECEIVER: NX-700A; 3 x VHF RADIO TELEPHONE: FM- 8900S; WHISTLE CONTROL SYSTEM: DAW-143; COMMU. AERIAL SYSTEM: CAC-953
26.	Валова реєстрова місткість:	48419
27.	Чиста реєстрова місткість:	17391
28.	Добова витрата палива, т/добу: на ходу: важке паливо (HFO), т: дизельне паливо (DFO): на стоянці: дизельне паливо (DFO):	 28,6; 2,0; 2,2
29.	Координати центру мас порожнього судна, м:	Z = 12,50; X = 96,90

На рис. 1.1 приведений загальний вид судна, для подальшого розуміння параметрів приведених у таблиці.



Рисунок 1.1 – Газовоз «Pacific Rizhao»

1.2 Транспортно-експлуатаційні характеристики судна

Графічне зображення креслення судна важлива характеристика, що дає розуміння розташування приміщень для вантажів і запасів, та формує подальше зображення вантажного плану, креслення газовозу «Pacific Rizhao» взято з суднової документації і приведено на рис. 1.2 [2].

Відображення плану верхньої палуби судна (вид зверху) з розташуванням механізмів вантажної системи і план розміщення баластних танків показаний на рис. 1.3 [2].

Вантажна шкала судна – це номограма, яка відображає взаємозв'язок між осадкою, дедвейтом, водоизмещенням та іншими характеристиками плавучості, яка наведена на рис. 1.4 [2].

Відображення схеми маніфолдів газовозу приведено на рис. 1.5 [2].

1.3 Маневрені характеристики

Маневрені та гальмівні характеристики судна визначають його здатність виконувати маневри (змінювати курс, швидкість, рухатися заднім ходом) і зупинятися у разі необхідності. В даному пункті розділу характеристики судна «Pacific Rizhao» представлені у вигляді рис. 1.6 [2].

Ці характеристики мають критичне значення для безпеки мореплавства, особливо в обмежених умовах, таких як порти, канали або вузькі фарватери.

1.4 Навігаційне обладнання

Навігаційне устаткування судна представлено у формі табл. 1.2 [2].

Таблиця 1.2 – Технічні засоби навігації

Прилад	Тип	Марка
1	2	3
Automatic Identification System	JHS-183	JRC
LOG	JLN-205 MK2	JRC
Echo Sounder	JFE-680	JRC
Global Positioning System	JLR-7800	JRC
Differential Global Positioning System	JLR-7800	JRC
Magnetic compass	EML500-HD1	Yokogawa
Gyro compass	TG-6000	Yokogawa
ECDIS №1 & 2	JAN-9201	JRC
Voyage Data Recorder	JCY-1900	JRC
NAVTEX Receiver	NCR-333	JRC
Weather Facsimile Receiver	JAX-9B	JRC
Radar №1 & 2	JMR-9282-S JMR-9225-9X	JRC
Inmarsat - C	JUE-87	JRC
MF/HF Radio Equipment	NCM-2150	JRC
EPIRB	TRON40S / GPS	JOTRON

Продовження табл. 1.2

1	2	3
VHF Radiotelephone Equipment	FM8900S	JRC
Search & Rescue Radar Transponder	TRON SART20	JOTRON

Точносні характеристики ТЗН судна представлено в табл. 1.3.

Таблиця 1.3 – Точносні характеристики ТЗН на судні

Тип і марка приладу	Навігаційні параметри	СКП одного вимірювання
Radar JRC JMR-9282-S & JMR-9225-9X	Пеленг Відстань	$\leq 1,5^\circ$ $\leq 1\%$
Magnetic compass Yokogawa EML500-HD1	Пеленг	$\leq 1^\circ$
Gyro compass Yokogawa TG-6000	Пеленг	$\leq 0,5^\circ$
LOG JRC JLN-205 MK2	Швидкість	0,1 вуз.
Echo Sounder JRC JFE-680	Глибина	$\leq 1,2\%$ від Н

Оснащення судна ТЗН відповідає усім вимогам.

1.5 Забезпечення непотоплюваності

Вся інформація про непотоплюваність судна «Pacific Rizhao» міститься в папці «Damage control booklet». В ній розглянуті випадки аварій з різною кількістю та типом затоплених відсіків. На рис. 1.7 показані відсіки, також ця інформація дублюється у вантажному комп'ютері.

Всі приміщення на судні, які нижче головної палуби і на головній оснащені водонепроникними дверима розстібного типу. Це всі приміщення в машинному відділенні, приміщення на баку, вхід у надбудову на головній палубі і насосна.

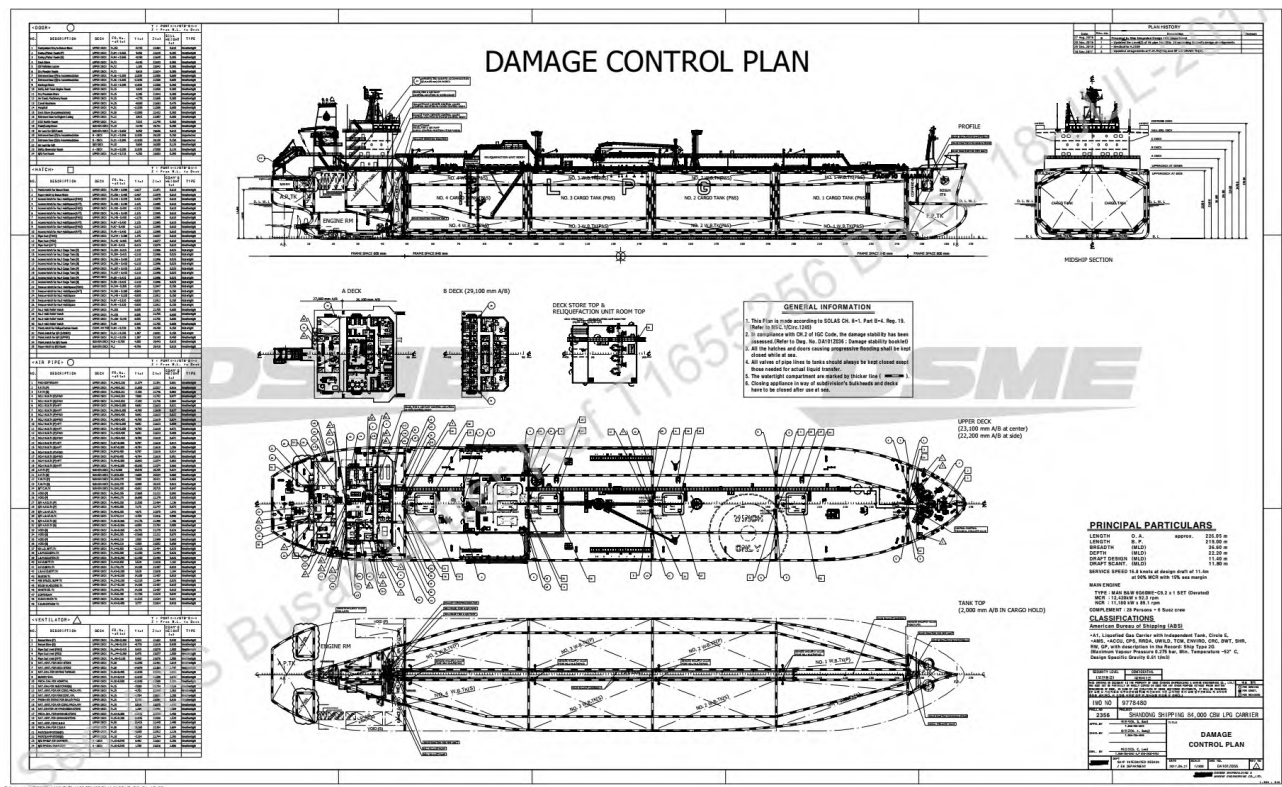


Рисунок 1.7 – План боротьби за живучість судна

Судно обладнане подвійним дном і бортом які використовують для прийому баласту. Баластне обладнане складають два головних баластових насоси відцентрового типу з електричним приводом. Керування всією системою виконується з CCR, і з пампрума для відкриття клапанів.

В аварійних ситуаціях екіпаж за планом закриває водонепроникні двері, ізолює пошкоджені відсіки за допомогою клапанів і відкачує воду, контролюючи при цьому дотримання меж остійності. Регулярні навчання забезпечують добре знання цих планів, відповідно до настанов ІМО, зокрема MSC.1/Circ.1245.

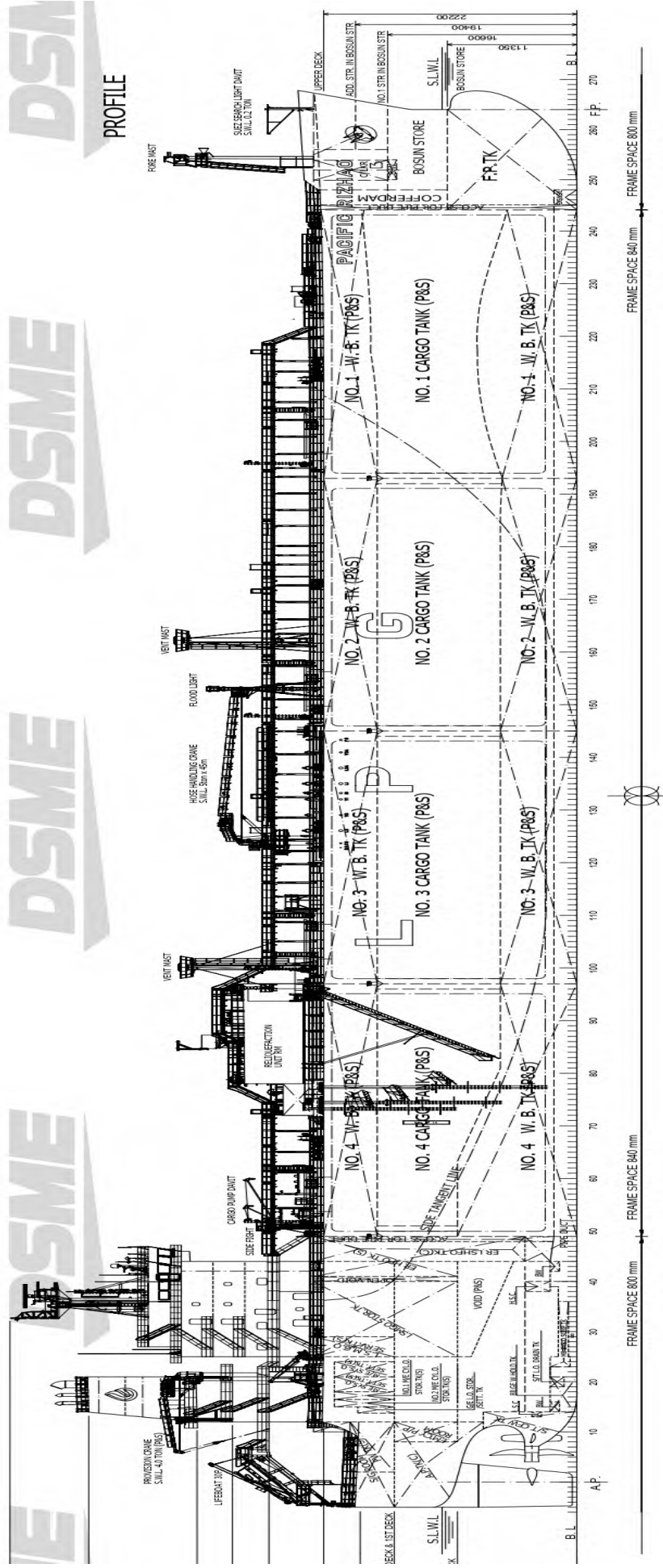


Рисунок 1.2 – Схематичне креслення бокового виду газовой «Pacific Rizhao»

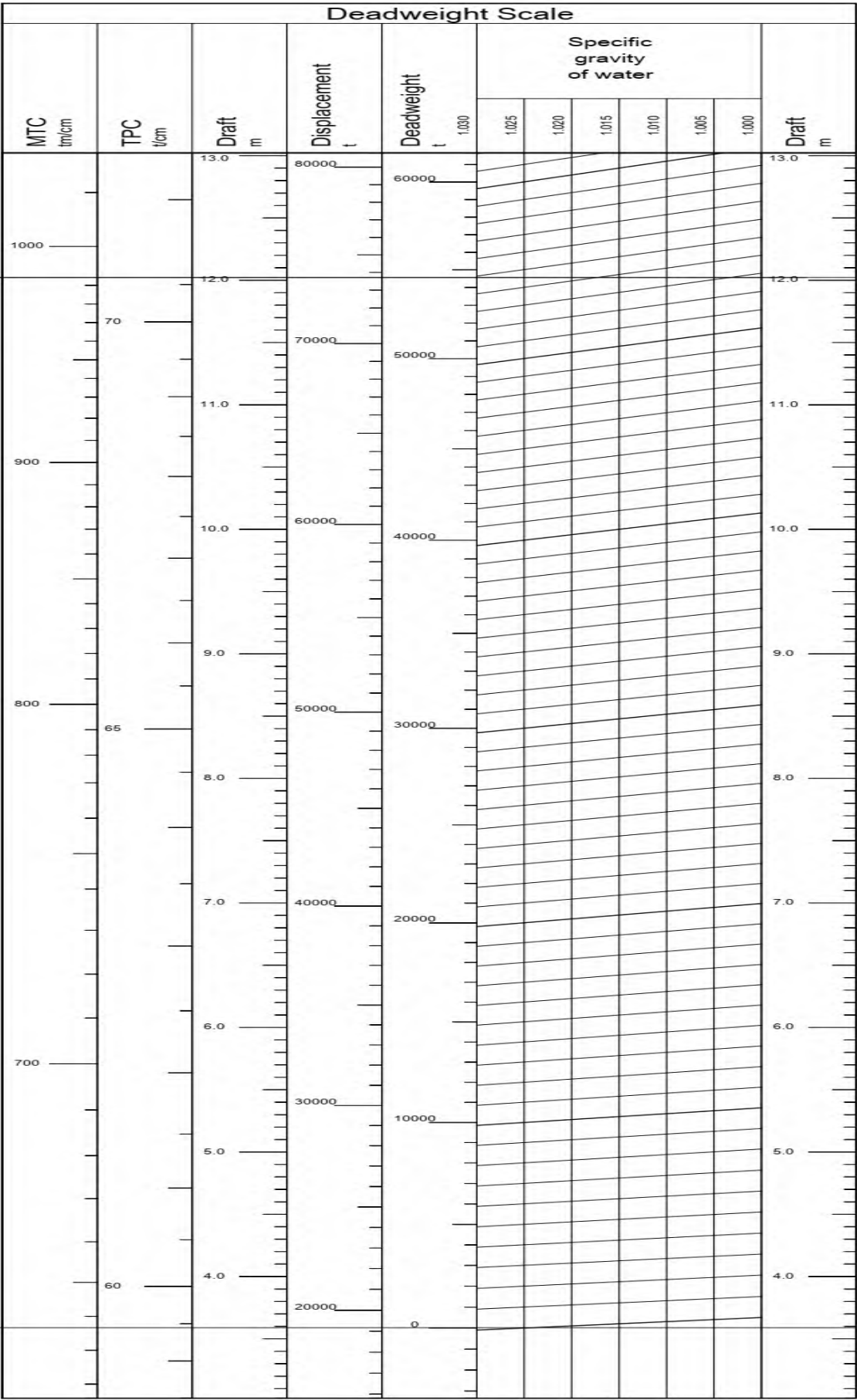
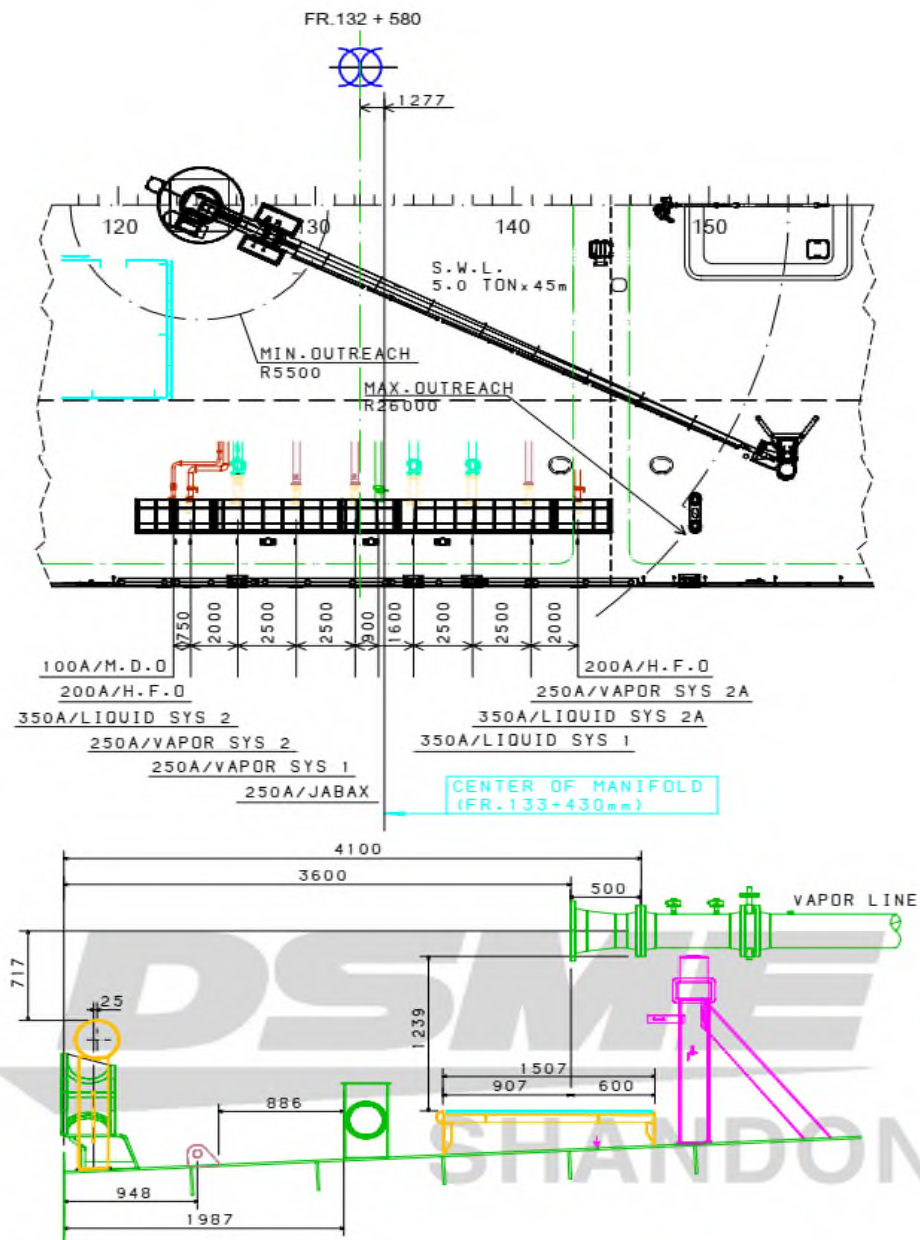


Рисунок 1.4 – Вантажна шкала судна



DISTANCE FROM MANIFOLD CENTER		Unit: meter
DRAFT (MOLD)	TO AFT PARALLEL BODY	TO FORE PARALLEL BODY
3.00	23.44	31.07
4.00	31.70	36.77
5.00	37.67	40.12
6.00	42.74	42.69
7.00	47.31	44.85
8.00	51.53	46.77
9.00	55.48	48.49
10.00	59.21	50.07
11.00	62.74	51.55
11.40	64.10	52.13
11.80	65.44	52.69

Рисунок 1.5 – Схема маніфолдів газовозу

WHEELHOUSE POSTER

according to IMO Res. A. 601(15)

Call sign : 5LWP9

Gross tonnage : 48419

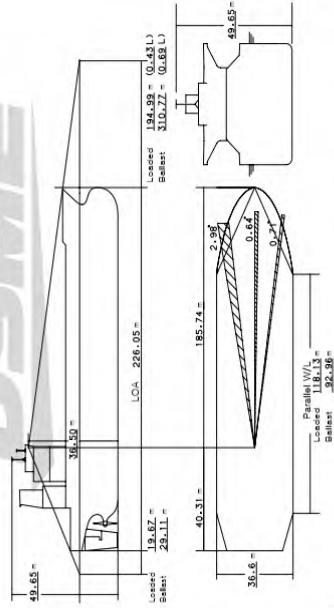
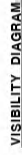
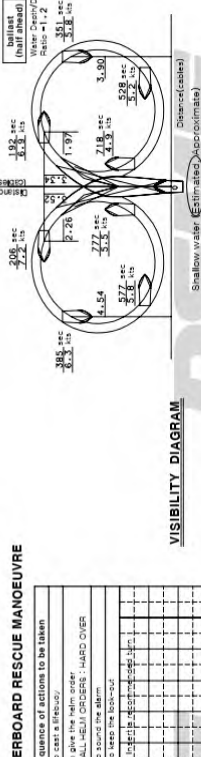
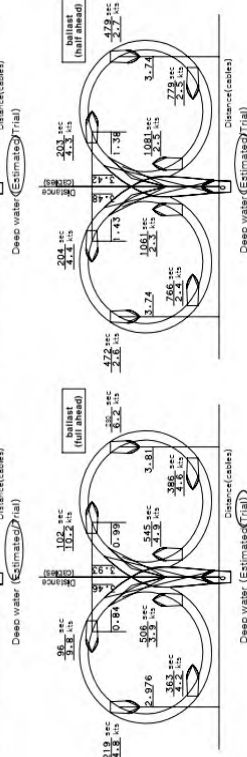
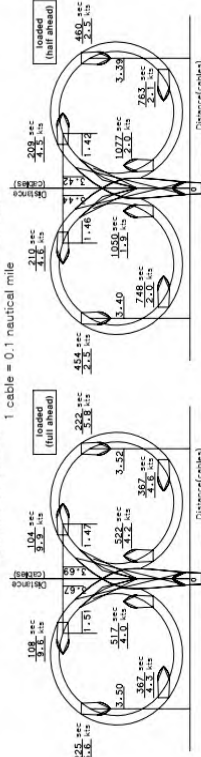
Gross tonnage : 48419
Deadweight : 54404 t

Gross tonnage : 48410
Deadweight max : 54494.0

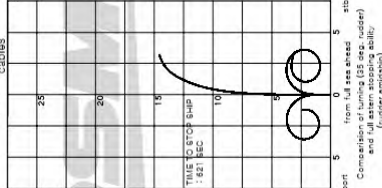
73.711.0 MT

1 M 0.1 1.0 1.5 2.0

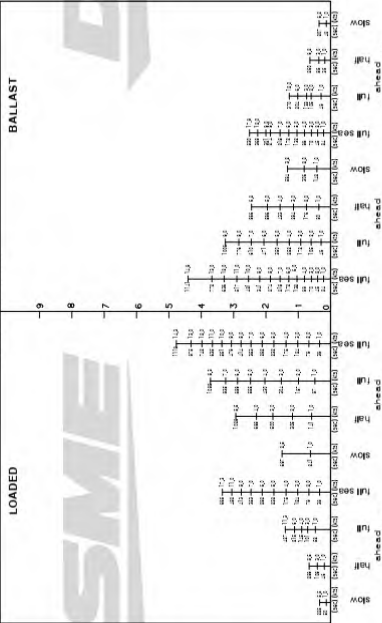
TURNING CIRCLES AT MAXIMUM RUDDER ANGLE (35 DEG.)



MAN OVERBOARD RESCUE MANOEUVRE

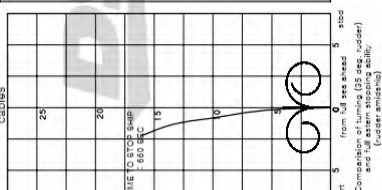
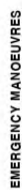


NOTE : THIS FORM IS DESIGNED TO COMPLY WITH
TITLE 33 PART 164 UNITED STATES CODE
OF FEDERAL REG.



THE RESPONSE OF THE M/V "PACIFIC RIZHAO" TO THE WINDS AND WAVES LISTED ABOVE IF ANY OF THE FOLLOWING CONDITIONS. UPON WHICH THE MANEUVERING OF THE VESSEL IS BASED ARE VARIED:

1. CALM WEATHER - WIND 10 KNOTS OR LESS - CALM SEA
2. NO CURRENT
3. WATER DEPTH TWICE THE VESSELS DRAFT OR GREATER
4. CLEAN HULL
5. INTERMEDIATE DRAFTS OR UNUSUAL TRIM



0001.11-20-1.02 資料 10444/16 新島 昌弘 2002.10.20

Рисунок 1.6 – Маневрені характеристики судна (Wheelhouse poster)

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-74/78), 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, 5th Edition, 2016;
- Bridge Team Management, 2nd Edition, 2004.

Існують чотири стадії планування безпечного переходу [3]:

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

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

Оцінка

На цій стадії повинна бути вивчена вся інформація, що відноситься до рейсу або переходу. При цьому потрібно враховувати наступне:

1. Стан судна, його остійність, експлуатаційні обмеження;
2. Особливі характеристики вантажу та його розміщення на судні;
3. Наявність всіх необхідних свідоцтв та документів, що стосуються судна;

4. Точні та відкоректовані карти належного масштабу та лоції, які будуть використовуватись впродовж переходу;

5. Додаткова навігаційна інформація: атласи приливів, метеорологічні дані, інтенсивність руху суден в районі плавання, інформацію з лоцманської проводки та ін.

На основі вищезазначеної інформації необхідно дати загальну оцінку майбутнього рейсу чи переходу. Ця оцінка повинна чітко вказувати на всі небезпечні для плавання райони [4].

Планування

На цій стадії необхідно підготувати детальний план, заснований на точній оцінці переходу. Цей план повинен охоплювати весь рейс, включаючи райони лоцманської проводки.

Детальний план рейсу повинен включати в себе наступне:

1. Прокладка маршруту на картах належного масштабу, на яких будуть зазначені всі небезпечні райони, шляхи руху суден, системи суднових повідомлень та будь-які райони, де необхідно звертати увагу на захист морського середовища;

2. Основні елементи забезпечення охорони людського життя на морі, безпечного та ефективного плавання та захисту моря під час переходу: безпечну швидкість, необхідні зміни швидкості, мінімальну глибину під кілем, точки зміни курсу, плани дій в надзвичайних умовах, захист морського середовища, спосіб та частота визначення місцеположення судна.

Подробиці створеного плану повинні бути чітко відмічені та зафіксовані на картах та в рейсовому плані або на комп'ютерному диску.

Виконання

По завершенню підготовки плану перехід повинен виконуватися відповідно до нього. При цьому треба враховувати фактори:

- надійність суднового навігаційного обладнання;
- час буття до критичних в маршруті точок;
- метеорологічні умови;

- умови руху суден в районі плавання.

Капітан судна повинен постійно переглядати план переходу щоб прийняти рішення, чи варто намагатися виконати цю частину переходу в разі надзвичайних умов або важкої метеорологічної обстановки.

Контроль

Створений план повинен постійно знаходитися на навігаційному містку, щоб вахтові помічники капітана судна могли в будь-який момент ним скористатись. Пересування судна відповідно до плану рейсу повинно постійно контролюватись, а будь-які зміни до плану повинні бути чітко зафіксовані в документальній формі.

2.2 Оцінка запланованого переходу

Відповідно до резолюції А.893 (21) Асамблеї ІМО оцінка переходу має на увазі всебічне вивчення всієї інформації, що стосується запланованого рейсу.

Проробка рейсу є найважливішою частиною штурманської підготовки до рейсу. Її виконують завчасно в пору отримання рейсового завдання. Пророка переходу містить у собі підбір карт, керівництв і посібників, для плавання, їхню коректуру, вивчення району плавання, в тому числі навігаційних, гідрометеорологічних і мінних обставин, вибір шляху і виконання попередньої прокладки.

Майбутній рейс має плануватися заздалегідь, беручи до уваги всю наявну до цього інформацію. Старший механік повинен, проконсультувавшись з капітаном, визначити заздалегідь потреби майбутнього рейсу, беручи до уваги потреби в паливі, воді, мастильних матеріалах, хімікати, витратних та інших запасних частинах, інструментах, запасах і інших вимог.

До початку кожного рейсу капітан кожного судна повинен забезпечити, щоб передбачуваний шлях з порту відходу до першого порту заходу планувався, використовуючи відповідні карти та інші навігаційні посібники, необхідні для

майбутнього рейсу, що містять точну повну і відкориговану інформацію щодо тих навігаційних обмежень і небезпек, які мають постійний або передбачуваний характер, і які мають відношення до безпеки плавання суден [5].

По завершенні перевірки запланованого шляху, беручи до уваги всю відповідну до нього інформацію, запланований шлях повинен бути прокладений на відповідних картах і бути постійно доступним для вахтового помічника капітана, який до того як лягти на відповідний курс, зобов'язаний перевірити його.

Якщо в ході рейсу прийнято рішення про зміну наступного порту заходу або якщо необхідно істотно відхилитися від запланованого шляху з інших причин, змінений шлях повинен опрацьовуватися заздалегідь, до того як він буде істотно змінений.

Попередня прокладка – це навігаційна прокладка шляху судна, виконана попередньо, виходячи з наміченого шляху судна, що відповідає вимогам безпеки плавання, поставленим задачам і економічній доцільності. Попередню прокладку виконують на тих же підібраних і відкоригованих на дату останнього повідомлення мореплавцям колійних навігаційних морських картах, на яких в подальшому буде вестися основна (виконавча) прокладка. Використовуючи настанови або вказівки для вибору генеральних курсів в даному морському районі, судноводій здійснює прокладку таких курсів на дрібномасштабних (генеральних) картах, що зображують даний морський район. Детальний графічне зображення траси майбутнього плавання здійснюється на великомасштабних (колійних і приватних) картах і планах. Для цього всю виконану раніше прокладку на генеральних картах переносять на відповідні великомасштабні карти і плани з повним збереженням геометричної подібності.

Особливо ретельно попередню прокладку необхідно виконувати при плануванні підходу до берега і підготовці до плавання в обмежених водах, коли потрібно нанести траєкторію при повороті судна з урахуванням його маневрених характеристик.

Слід також зазначити, що чим ретельніше проведена завчасна штурманської підготовка, тим вище навігаційна безпека самого плавання.

Після виконання попередньої прокладки необхідно нанести на карти додаткову систему навігації інформацію, особливо виділяючи на них ті відомості, які матимуть важливе значення при виконанні наміченого переходу. Ця процедура носить назву «підйом карт» і здійснюється звичайними кольоровими олівцями, а в окремих випадках і кольоровою тушшю, маркером.

Підйом карт виконують з урахуванням особливостей судна, що намічається шляху і часу переходу. Це підвищує їх інформативність та полегшує вирішення завдань в плаванні. При підйомі карт виконують такі операції:

- вичислюють на плановане час переходу і підписують у відповідних місцях карти час і висоту повних і малих вод, а на мілководних ділянках будують графіки припливів;

- обводять червоним олівцем небезпечні для даного судна ізобати і окремі небезпеки з урахуванням його опади, приливо-відливних і сгонно-нагінних коливань рівня моря;

- наносять межі територіальних вод, заборонених для плавання і постановки на якір районів і районів дії місцевих правил;

- призводять до року плавання магнітне схилення і підписують простим олівцем біля його значень, надрукованих на мапі поблизу маршруту, які закреслює;

- перераховують для висоти містка свого судна і відрізняють на мапі кіл від маяків дальність видимості вогнів маяків, яка на всіх картах вказана для висоти очей на 5 м;

- аналізуючи карту і рекомендації лоції, намічають примітні орієнтири для візуальних і радіолокаційних обсервацій. Перші з них обводять червоним кружком, другі - виділяють коричневим олівцем;

- проводять осереднюються ізолінії глибин, пеленгів, відстаней;

- розраховують і будують сітки ізоліній місця, ізолінії і маршрутні графіки точності для районів обмежених вод, а при необхідності і маршрутні графіки приливо-відливних течій;

- відрізняють кордону дії радіомаяків уздовж шляху судна, підписують їх позивні і частоти;

- попередньо розраховувати і відрізняти уздовж лінії шляху відомості про освітленості (день, ніч, сутінки);

- виділяють і обводять червоним олівцем окремі навігаційні небезпеки і небезпечні для даного судна ізобати;

- за допомогою лоцій намічають примітні орієнтири для візуальних і радіолокаційних визначень місця.

В цьому підрозділі виконаний збір інформації для оцінки переходу, що відповідає етапу «Appraisal» (Оцінка) створення плану переходу. Для цього приведемо підбір навігаційних карт, посібників і публікацій на заданий перехід по Каталогі Адміралтейських карт і публікацій (Catalogue of Admiralty Charts and Publications).

В табл. 2.1 внесені карти, що використовувались впродовж переходу [6].

Таблиця 2.1 – Перелік карт на перехід

Тип карти	Cell no.	Назва карти	Дата випуску
1	2	3	4
Harbor	BA3183	Approaches to Galveston Bay	Oct.1995
Coastal	BA3854	Freeport to Calcasieu Pass	May 1996
Coastal	BA3850	Galveston Bay to Ship Shoal	Mar.1983
General	BA1220	Gulf of Honduras and Yucatan Channel	Aug.1977
General	BA1218	Cuba to Miskito Bank	Nov.1987
General	BA0486	Jamaica and the Pedro Bank	Dec.1866
General	BA2600	Mona Passage to Dominica	July 1858

Продовження табл. 2.1

1	2	3	4
General	BA0517	Trinidad to Cayenne	Apr.1969
General	BA0520	Cayenne to Sao Luis	May 1984
General	BA0528	Sao Luis to Recife	Nov.1984
General	BA0529	Recife to Cabo de Sao Tome	Nov.1984
Coastal	BA3978	Cabedelo to Macelo/Porto de Suape	Mar.1984
Harbor	BA0969	Recife and Approaches	Dec.1993

В табл. 2.2 внесені всі публікації, що використовувались впродовж переходу [7, 8].

Таблиця 2.2 – Перелік публікацій на перехід

Номер	Назва посібника	Рік випуску
1	2	3
NP281	Admiralty List of Radio Signals, Vol.1 (Area 2)	2020
NP283	Admiralty List of Radio Signals, Vol.3 (Area 2)	2020
NP284	Admiralty List of Radio Signals, Vol.4 (Area 2)	2020
NP285	Admiralty List of Radio Signals, Vol.5 (Area 2)	2020
NP286	Admiralty List of Radio Signals, Vol.6 (Area 9&10)	2020
ADLL	Admiralty Digital List of Lights (Area 2)	2020
ATT	Admiralty Totaltide	2020
NP100	Mariner's Handbook	2020
NP5	Sailing Directions: South America, Vol.1	2019
NP69	Sailing Directions: East Coast of United States, Vol.2	2021
e-NP 231	ADMIRALTY Guide to the Practical Use of ENC's	2019
e-NP 232	«ADMIRALTY Guide to ECDIS implementation, Policy and Procedures»	2019

Продовження табл. 2.2

1	2	3
e-NP 5012	Admiralty Guide to ENC Symbols used in ECDIS	2018
e-NP 70	Sailing Directions: West Indies Pilot Vol. 1	2021
e-NP 71	Sailing Directions: West Indies Pilot Vol. 2	2017
e-NP 7A	Sailing Directions: South America Pilot Vol. 4	2018
NP 294	How to Keep Your ADMIRALTY Products Up-to-Date	2019

Збір інформації для оцінки переходу, що відповідає етапу «Appraisal» (Оцінка) створення плану переходу виконаний.

2.2.1 Підготовка для прийому та обміну навігаційною інформацією на переході

В цьому підрозділі необхідно проаналізувати, описати та систематизувати навігаційну інформацію, що передається за допомогою GMDSS та факсимільних гідрометеорологічних карт [8].

В таблицю 2.3 внесена інформація щодо факсимільних карт погоди, яку будемо збирати за допомогою ALRS Vol.3 (NP283).

Таблиця 2.3 – Радіостанції факсимільних гідрометеорологічних передач

N п/п	Радіостан- ція	Позначення і межі карти		Зміст передачі	Час передачі
1	Northwood	NA	1:15 000 000	Surface analysis	12 h 06 m
		54 N 82 W	26 N 45 W	24 hour prognosis	12 h 12 m
	Atlantic Ocean	54 N 51 E	28 N 12 E	48 hour prognosis	17 h 24 m

Для отримання оперативної інформації про погоду і змінах в навігаційній ситуації по маршруту переходу судна необхідно організувати систематичний прийом гідрометеорологічних і навігаційних повідомлень [8, 9].

В табл. 2.4 внесена інформація про райони NAVAREA та станції NAVTEX за маршрутом переходу, яка зібрана за допомогою ALRS Vol.3 (NP283) та ALRS Vol.5 (NP285).

Таблиця 2.4 – Райони NAVAREA, станції NAVTEX на переході

№	Ділянка переходу	Район NAVAREA	Станції NAVTEX	Координатор NAVAREA
1	Мексиканська затока	IV	[G] New Orleans	United States
			[R] Isabella	
			[H] Curacao	

В табл. 2.5 та 2.6 занесемо інформацію про маршрути контрольних постів СУРС, звідки здійснюється управління рухом суден, а також деталі зв'язку з лоцманськими станціями та операторами терміналів в портах [8].

Таблиця 2.5 – Зв'язок на переході

№	Станція	Спосіб зв'язку	Канали, частоти	Примітки
1	HOL'ST ON- GAL VEST ON Vessel Traffle Service	VHF	12,11,13	Houston Traffle
2	BRAZIL SIS TRAM Ship Reporting System	E-mail	N/A	Traffic information system. 24/7
3	Snape pilot	VHF	16	Snape pilot

Данні по СУРС по маршруту переходу приведені в табл. 2.6.

Таблиця 2.6 – СУРС по маршруту переходу

№	Traffic separation scheme	Station	VHF	Reporting point description
1	HOUSTON- GALVESTON Vessel Traffic Service	Galveston Bay Entrance Channel	12,13,11	Report to the GALVESTON VTS when passing reporting line.

На підставі отриманої інформації стосовно радіостанцій факсимільних гідрометеорологічних передач, робимо висновок о достатності інформаційного забезпечення на переході Х'юстон – Суапе. Заявлені факсимільні карти покривають потрібну нам ділянку переходу, зміст цих карт надають усю потрібну інформацію. Вивчення і аналіз гідрометеорологічних умов за маршрутом плавання виконують, керуючись лоціями, атласами, довідковими картами та іншими посібниками, з урахуванням інформації, яка необхідна для забезпечення безпечного перевезення вантажів. Списки радіостанцій, що передають гідрометеорологічну інформацію, їх режим і час роботи наводяться в розкладах радіопередач гідрометеорологічних відомостей ADP - ADMIRALTY Digital Radio Signals 1,3,4,5,6 і навігаційних повідомлень мореплавцям.

Стосовно районів «NAVAREA» та станції «NAVTEX» можемо зазначити о наявності тільки для порту відходу – Х'юстон, для району де розташований порт заходу – Суапе, станції відсутні, звідси робимо висновок о потрібності додаткової уваги вахтених помічників та капітану щодо змін погоди і навігаційної ситуації по маршруту переходу судна.

На виході з району залива Галвестон розташована система «GALVESTON VTS», що забезпечує безпеку навігації завдяки забезпеченням інформації через

берегові станції. Доповідати потрібно обов'язково, коли перетинаємо лінію репорту. Також використовуємо систему «GALVESTON VTS» у разі потреби становлення на якір, та у разі змінення позиції якірної стоянки. Доповідаємо коли входимо та залишаємо зону «GALVESTON VTS».

На прихід в порт Суапе використовуємо «Suape Pilots». Доповідаємо коли заходимо до зони VTS, також доповідаємо за 4 години до прибуття на лоцманську станцію.

На підставі аналізу отриманої навігаційної інформації, радіостанцій факсимільних гідрометеорологічних передач, районів «NAVAREA», станції «NAVTEX», станцій для зв'язку та станцій управління рухом суден на переході Х'юстон – Суапе, робимо висновок, що інформаційного забезпечення достатньо для організації безпечного плавання на переході

2.2.2 Збір та аналіз гідрометеорологічної інформації

Аналіз гідрометеорологічних умов по маршруту плавання виконаємо на липень, використовуючи багаторічні дані з Атласів океанів та Pilot Chart. Для цього розіб'ємо весь перехід на три ділянки:

- Ділянка №1: Мексиканська затока;
- Ділянка №2: Карибське море;
- Ділянка №3: Бразилія.

Протягом переходу не були спостережені небезпечні явища погоди. Із можливих небезпечних погодних явищ можна було б виділити субтропічний шторм Курумї, тропічний шторм Карен, та тропічний шторм Брет.

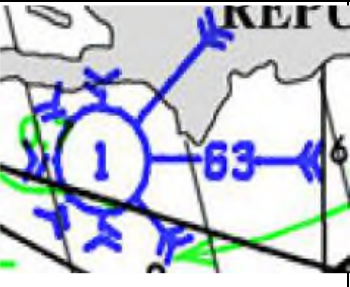
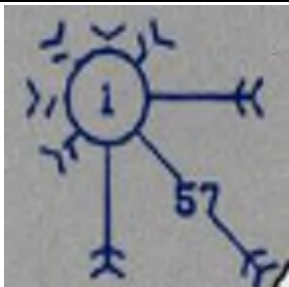
Дії судноводія в небезпечних погодних умовах наступні:

- Знизити швидкість судна до мінімально необхідної для збереження керованості, або зупинити хід;
- Переконатися в готовності всіх рятувальних та водовідливних засобів;
- Перевірити кріплення вантажів та інших предметів;

- Підготувати необхідне обладнання для подавання сигналів лиха;
- Мати на увазі наступні небезпечні фактори для судна: резонансна качка, тимчасове пониження остійності судна, слемінг та ін.

Дані про атмосферний тиск на маршруті переходу, а також розшифровка «рози вітрів» внесені у табл. 2.7 [10].

Таблиця 2.7 – Атмосферний тиск і розшифровка «роз вітрів»

Характеристики за ділянками	Ділянка №1 Gulf of Mexico			Ділянка №2 Caribbean Sea			Ділянка №3 Brazil		
Атмосферний тиск, гПа	1025			1025			1025		
Вітер	Роза вітрів №1			Роза вітрів №2			Роза вітрів №3		
Направлення вітру	Повторюваність вітру, %			Повторюваність вітру, %			Повторюваність вітру, %		
	Сумарна	11-15 м/с	>16 м/с	Сумарна	11-15 м/с	>16 м/с	Сумарна	11-15 м/с	>16 м/с
N	10%	0%	0%	5%	0%	0%	5%	0%	0%
NE	15%	0%	0%	25%	0%	0%	8%	0%	0%
E	30%	0%	0%	63%	0%	0%	20%	0%	0%
SE	32%	0%	0%	10%	0%	0%	57%	0%	0%
S	18%	0%	0%	5%	0%	0%	20%	0%	0%
SW	8%	0%	0%	4%	0%	0%	10%	0%	0%
W	15%	0%	0%	5%	0%	0%	5%	0%	0%
NW	8%	0%	0%	5%	0%	0%	6%	0%	0%
Результуючий вітер	направлення у румбах		SW	направлення у румбах		NE	направлення у румбах		SW
	швидкість, м/с		5	швидкість, м/с		7	швидкість, м/с		6
Максимальна швидкість вітру, м/с	спостережена		5	спостережена		8	спостережена		6
	розрахункова		8	розрахункова		8	розрахункова		6
Повторюваність штилів, %	7%			1%			1%		
Схема "рози вітрів"									

До табл. 2.8 увійшли дані про видимість, водний та тепловий режими атмосфери, гідрологічні характеристики на переходіб [11].

Таблиця 2.8 – Видимість, водний і тепловий режими атмосфери, гідрологічні характеристики

Характеристики за ділянками		Ділянка №1	Ділянка №2	Ділянка №3
Температура повітря, С		27	26	26
Температура води, С		24	24	24
Відносна вологість, %		75%	75%	80%
Повторюваність туманів, %		1%	1%	2%
Видимість менше 2 миль		10%	10%	0%
Хмарність, бали		2	2	2
Солоність води, %		37%	37%	35%
Щільність води, г/см ³		1.01	1.015	1.025
Постійні течії	назва	N/A	Південна пасатна течія	Південна пасатна течія
	термодинамічна характеристика		тепла течія	тепла течія
	напрявлення		NW	NW
	швидкість, вузл.		1.5	1
	стійкість		75%	75%
Швидкість припливних течій, вузл			1	1
Висота хвиль, м	середня	1.5	1.5	1
	максимальна	2	2	2
Період хвиль, с		5	5	5

В підрозділі описані аналіз гідрометеорологічних умов плавання на липень по маршруту Х'юстон – Суапе.

2.2.3 Збір та аналіз навігаційної інформації при прибережному плаванні

В цьому підрозділі надається навігаційна та загальна інформація щодо портів, місць лоцманської проводки, якірні стоянки. Для цього

використовуються Guide to Port Entry, Admiralty Sailing Directions та Admiralty List of Lights and Fog Signals.

Приводиться порядок заказу лоцманів, буксирне забезпечення, якірні стоянки, необхідні документи для оформлення приходу/відходу, плани портів та забезпеченість ЗНО у вигляді таблиці, які використовуються на прибережних ділянках [12].

Інформацію взято із Guide to Port Entry .

Порт Х'юстон (США)

Координати: 29°44'N, 095°16'W.

Загальна інформація: Порт включає в себе 25-мильний комплекс різних публічних та приватних установ, розташованих у декількох годинах від Мексиканського заливу. Це один з найбільших портів в США. Він входить до великої зони обробки вантажів разом з портами Galveston Bay, Galveston та Texas City.

Максимальний розмір суден: (танкер) осадка 45 футів. = 13.72 метрів.

Порядок заказу лоцманів: Лоцманська проводка обов'язкова для всіх суден. Проводка доступна цілодобово, проте лоцманів треба замовляти з 8-годинним нотісом. Необхідно викликати лоцманів щонайменше за 2 години до прибуття та відбуття з порту.

Причали: в порту наявні 175 причалів. Для танкерних судів доступні 12 причалів, довжиною 110-900 футів (33.5-275 м), глибиною 20-45 футів(до 13.72 м).

Якірні стоянки: Судам забороняється ставати на якір у каналі Х'юстона або в поворотному басейні, за винятком аварійних випадків, коли вони повинні ставати на якір якомога ближче до краю каналу або поворотного басейну, щоб не заважати вільній навігації або перешкоджати руху іншим суднам при підході до будь-якого пірсу. Судна можуть стояти на якорі в Мексиканській затоці в районах якірної стоянки в'їзду в Галвестон, неподалік від перетину безпечного фарватеру Галвестона з прибережним фарватером. Усередині гавані Галвестон,

уздовж північного боку каналу Внутрішнього Бара була створена федеральна призначена якірна стоянка.

Інші послуги: доступні медичні послуги, поставка прісної води, паливо, поповнення суднових запасів.

Буксирне забезпечення: використання буксирів обов'язкове. Конкретних місць чи координат для прийняття буксирів немає, буксири замовляються лоцманом на підході до причалу. Буксири доступні цілодобово.

Документація: За 48 годин судно повинно надати таку інформацію як:

- IMO Standard FAL Forms 1, 5, 6, 36 (Store List, Crew List, Passenger List, Maritime Declaration of Health);

- Усі наявні суднові «кліренси» (Ship's Clearance);
- Останні десять портів заходу (Last 10 Ports of Call);
- Основні суднові характеристики (Ship Particulars).
- Довідка про сплату податку на тоннаж (Certificates of Payment of Tonnage Tax)

- Master's Oath (Form 1300)

На прихід судна в порт, наступні документи повинні бути підготовлені:

- Crew list (Arrival, Departure);
- Maritime Declaration of Health;
- Vaccination list;
- Ship's Stores List
- Crew effects Declaration

Для отримання суднового «кліренсу» судно повинно завчасно передоставити агенту:

- 3 Cargo Manifests (Згідно з формою 1302), на якому вказана інформація щодо наявного вантажу.

- 3 Passenger List (згідно з формою Form I-418)

- 3 Crew List (згідно з формою Form I-418)

- 1 Store List

Схематичний план порту Х'юстон наведено далі на рис. 2.1-2.3.

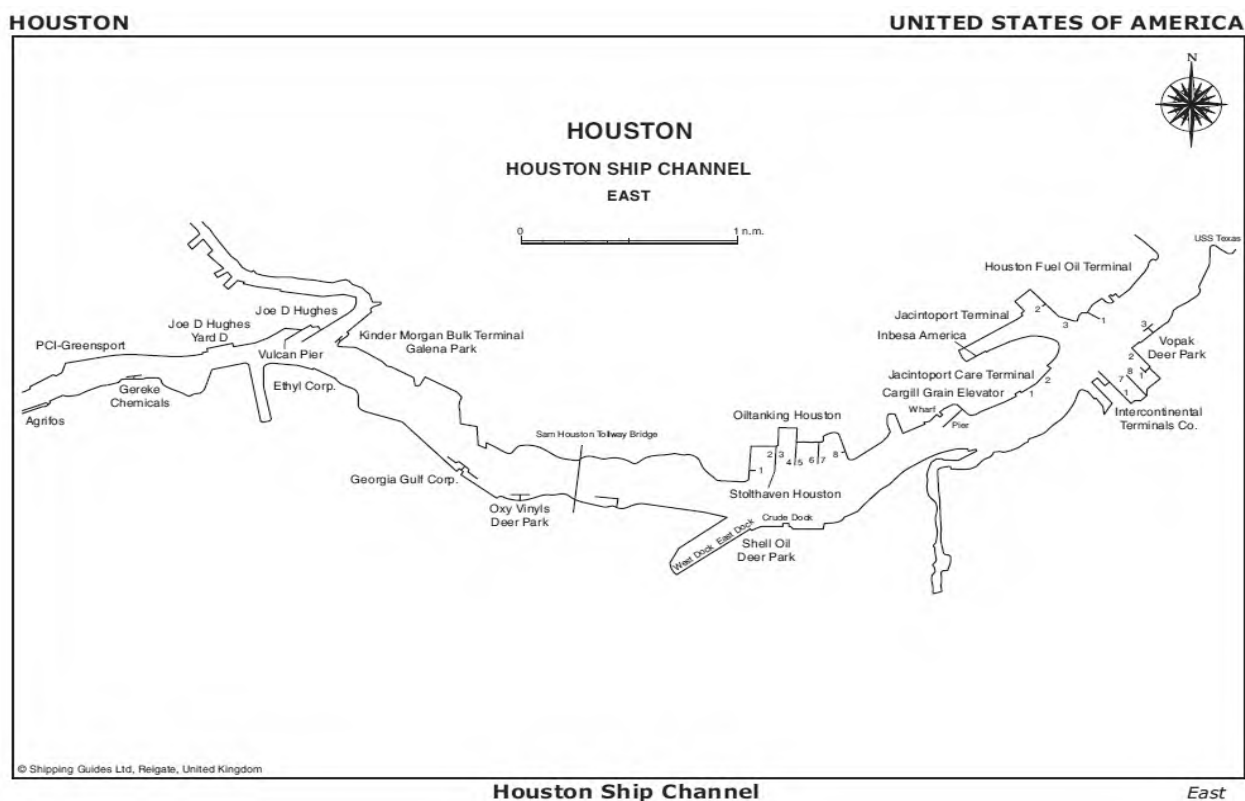


Рисунок 2.1 – План канала Х'юстон, (США)

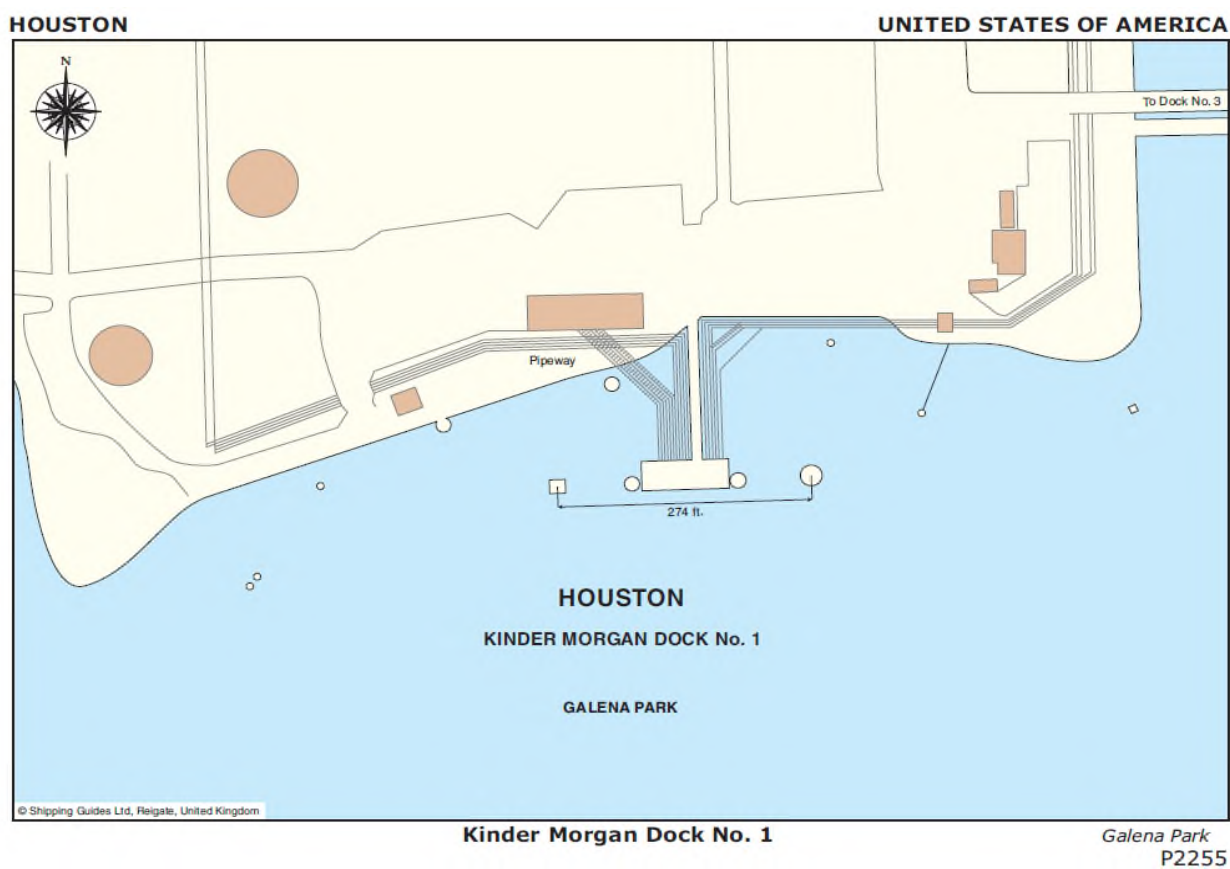


Рисунок 2.2 – План порту Х'юстон(США)

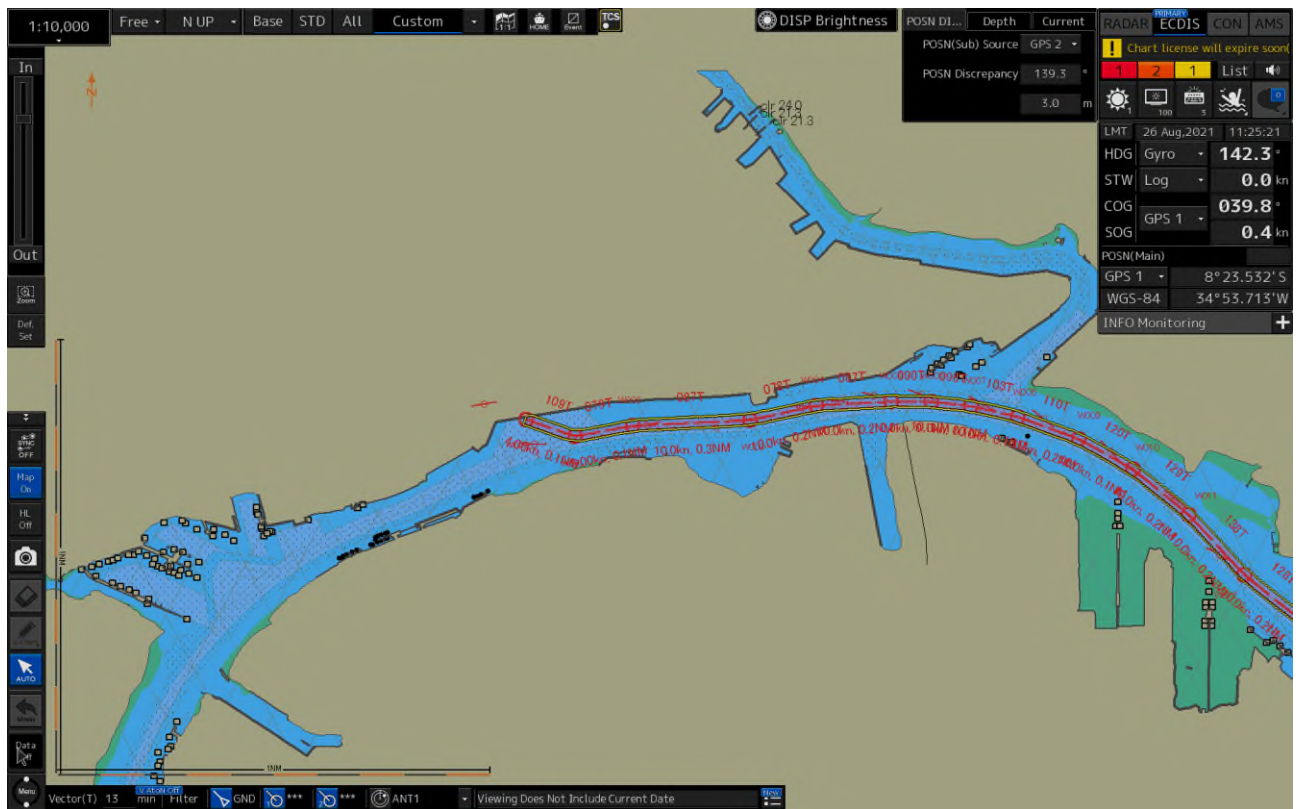


Рисунок 2.3 – План порту Х'юстон (США) з ECDIS судна

Порт Суапе (Бразилія):

Координати: 08°24'S, 034°57'W.

Загальний інформація: цей порт поділяється на Контейнерний термінал Суапе та Нафтовий термінал Петробрас. Є Багатоцільовим портом, що складається з внутрішньої гавані з контейнерним терміналом Tescon Suape і громадської комерційної набережної, а також зовнішньої гавані з терміналом для наливних вантажів (Terminal de Graneis Liquidos (TGL)) і багатоцільовим пірсом (Cais de Multiplos Usos (CMU)).

Максимальний розмір суден: (танкер) DWT 90,000; посадка 14.00 метрів.

Лоцманська проводка: Обов'язкова для всіх суден. Проводка доступна цілодобово, проте лоцманів треба замовляти з 24-годинним нотісом по каналам 16/13 УКХв із позивним «Suape Pilot».

Причали: в порту наявні 6 причалів, довжиною до 660 м, та глибиною до 15.5 метрів. Для контейнеровозів та ролкерів виділені окремі причали.

Танкерні установи: Для танкерів виділені причали А West / В East, які обробляють: LPG, етанол, бензин, мастила, парафін та паливо. На цих причалах встановлений пріоритет швартування: судна, що обмежені приливами будуть швартуватися в першу чергу, потім йдуть пасажирні та танкерні суда.

Якірні стоянки: офіційної стоянки немає. Судна можуть стояти на якорі орієнтуючись на маяк Кабо-де-Санту-Агостіньо, із пеленгом 330⁰ на відстані більше 1 н.м. від від хвилеріза Суапе. Якорна стоянка в межах порту дозволяється лише з офіційного дозволу капітана порту і лише у виняткових випадках і з повідомленням за 24 години через агента. На якірних ділянках є дно з піском і мулом, що забезпечує гарне утримання. Тим не менш, уважне спостереження є розумною практикою, особливо під час сильного штормового вітру на північному сході, коли течія може бути достатньо сильною, щоб судна могли тягнути якір.

Буксирне забезпечення: буксири для надання допомоги суднам, які прибувають, відходять, стають і висаджуються на об'єктах Суапе, надані приватною буксируваною компанією. Два буксири використовуються для стоянки на пірсах і для суден, що працюють на зрідженому газі. Третій буксир використовується для причалювання більших суден на зрідженому газі. Судна повинні мати якісні канати, оскільки буксири не забезпечені їх буксирним пристроєм. Як правило, на кожному причалі будуть присутні два буксири, кожен з яких матиме мінімум 1200 к.с. і вантажопідйомністю 15 т. Приймаючи послугу наданих буксирів, капітан судна несе повну відповідальність за безпеку і безпечне плавання свого судна, а також за дотримання всіх чинних законів і правил. Усі переміщення суден у межах порту, незалежно від розміру чи типу, повинні виконуватися за допомогою буксиру.

Інші послуги: доступні медичні послуги, поставка прісної води(швидкість – 70 м³/год), паливо, поповнення суднових запасів.

На прихід судна в порт, наступні документи повинні бути підготовлені:

- Форма звітності про баластну воду
- Коносамент

- Cargo Manifest
- Crew Effects Declaration
- IMO Standard FAL Forms 1, 5, 6, 36 (Store List, 3 копії Crew List, 3 копії Passenger List, 2 копії Maritime Declaration of Health);
- ISPS Certificate
- Last Port Clearance
- Last Port State Control
- Narcotics List
- Ship's Particulars

Схематичний план порту Суапє наведено на рис. 2.4 - 2.5

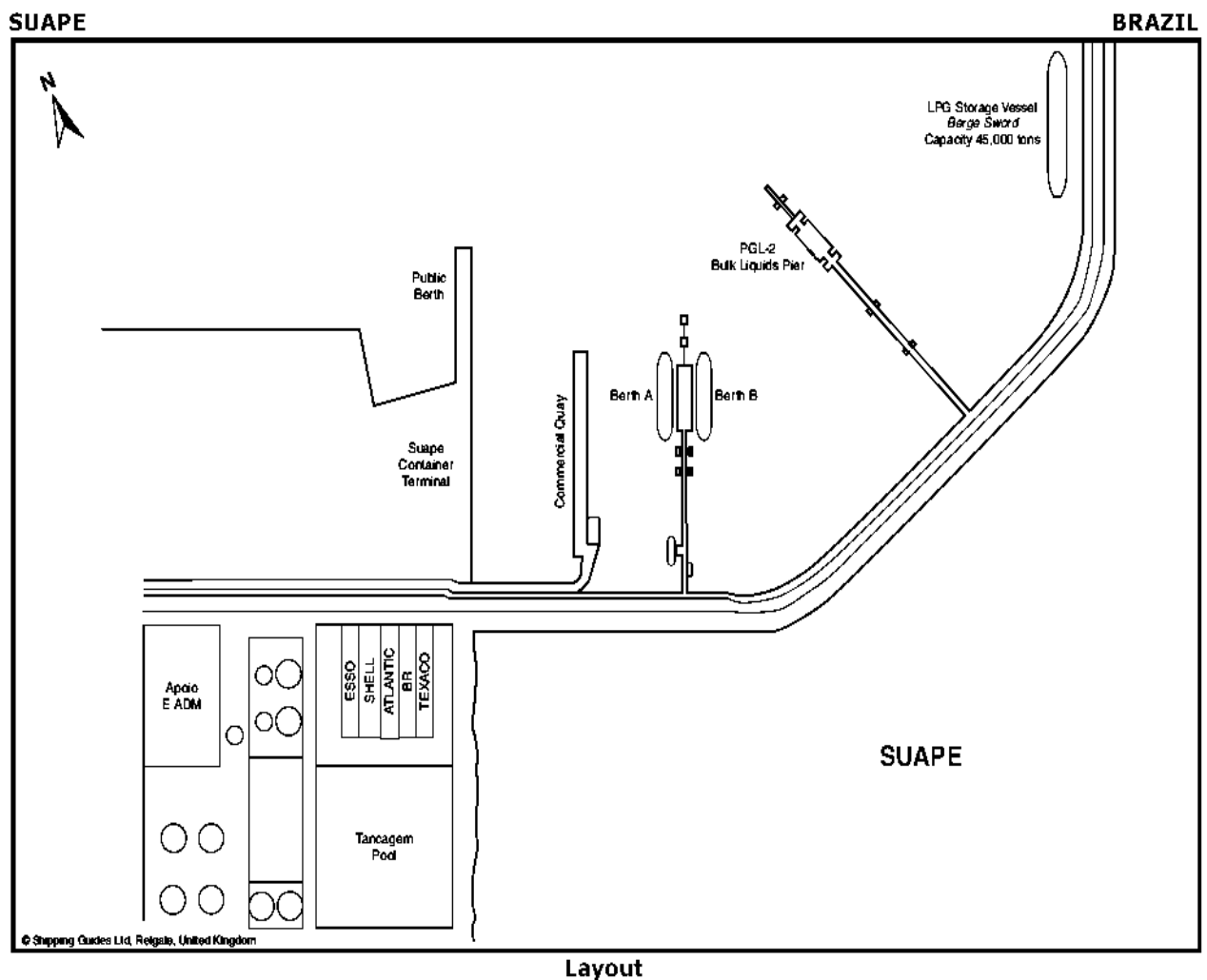


Рисунок 2.4 – План порту Суапє (Бразилія)

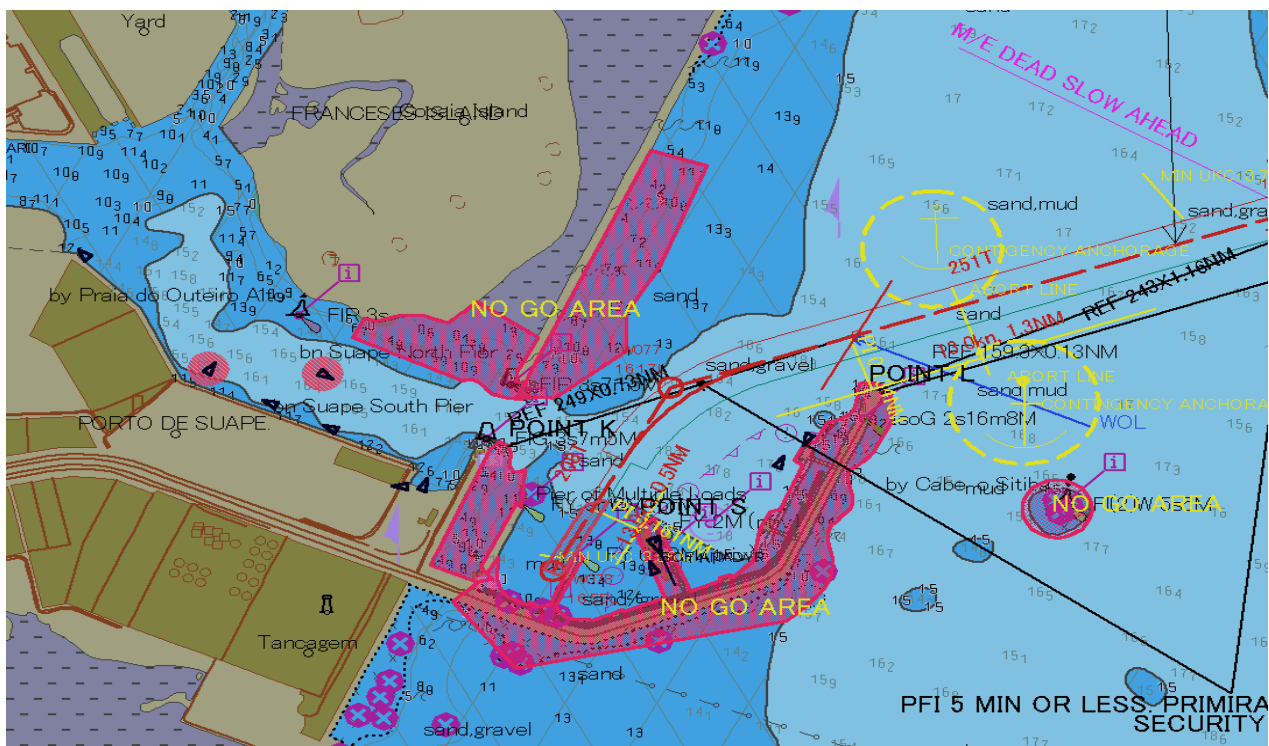


Рисунок 2.5 – План порту Суапє (Бразилія) з ECDIS судна

Забезпеченість засобів навігаційного обладнання (ЗНО) приведено за допомогою Admiralty List of Lights and Fog Signals у таблиці 2.9, які використовуються на прибережних ділянках порту Х'юстон та Суапє [13].

Таблиця 2.9 – Засоби навігаційного обладнання

№	Name	Position		Characteristics	Range, nm
		ϕ	λ		
1	Natal	05 45.1 S	035 11.7 W	Fl.(5)W. 25s	39
2	Recife de Natal	05 45.1 S	035 11.7 W	Fl.G. 5s	17
3	Ponta da Tabatlinga	06 02.7 S	035 06.8 W	Fl.(5)W. 60s	24
4	Cabo de Bacopari	06 22.5 S	034 59.6 W	Fl.(2) W. 10s	15
5	Pedra Seca	06 57.4 S	034 49.4 W	Fl.(3)W. 10s	16
6	Cabo Branco	07 08.9 S	034 47.9 W	Fl.W. 10s	27
7	Ponta de Pedras	07 37.7 S	034 48.7 W	Fl.(3)W. 15s	18
8	Olinda	08 00.7 S	034 50.8 W	Fl.(2)W. 35s	46
9	Recife	08 03.3 S	034 51.9 W	Al.Fl.W.R 12s	17
10	Cabo de Santo Agostinho	08 21.1 S	034 56.8 W	Fl.W. 10s	22
11	Porto de Suape. breakwater	08 23.6 S	034 56.8 W	Iso.G. 2s	8
12	Houston Ship Channel Ent. B	29 21 N	094 47 W	Q.R.	3
13	HSC Ent. Outer Range L.	29 20 N	094 46 W	F.G	3
14	HSC Ent. Inner Range L.	29 19 N	094 45 W	F.G	3
15	HSC Lighted Buoy 25	29 22 N	094 48 W	Fl.G. 4s	4
16	HSC Lighted Buoy 26	29 22 N	094 48 W	Q.R.	3
17	HSC Rock Pile Light.B. 25A	29 22 N	094 48 W	Fl. G. 2.5 s	4

2.3 Навігаційні розрахунки для забезпечення безпеки плавання

2.3.1 Розрахунок ортодромії

Виконаємо розрахунок локсодромії і ортодромії аналітичним способом для найдовшої ділянки переходу (WP 69-70 на маршрутному листі) [14]. Задаємося відповідними координатами:

$$(1) \varphi_{\text{Н}} = 07^{\circ}27' \text{N} ; \lambda_{\text{Н}} = 053^{\circ}07' \text{W};$$

$$(2) \varphi_{\text{К}} = 01^{\circ}56' \text{S} ; \lambda_{\text{К}} = 039^{\circ}54' \text{W};$$

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

$\varphi_{\text{К}}$	-	1	°	56	'
-					
$\varphi_{\text{Н}}$	+	7	°	27	'
$\Delta\varphi$			-	°	--
		9		23	'

(2.1)

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

$\lambda_{\text{К}}$	-	39	°	54	'
-					
$\lambda_{\text{Н}}$	-	53	°	7	'
$\Delta\lambda$		13	°	13	'

(2.2)

3. Знаходимо різницю меридіональних частин (m):

$$m = 3437.75 \cdot \ln[\operatorname{tg}(45 + \varphi_{\text{К}}/2) / \operatorname{tg}(45 + \varphi_{\text{Н}}/2)] \quad (2.3)$$

$$m = 563,56$$

4. Визначаємо локсодромічний курс по формулі:

$$K_{\text{Л}} = 360 \cdot \arccos\left(\frac{m}{\sqrt{m^2 + dl^2}}\right) \quad (2.4)$$

$$K_{\text{Л}} = 125,41$$

5. Розраховуємо локсодромічну відстань:

$$S_{\text{л}} = \Delta\phi / \cos(K_{\text{л}}) \quad (2.5)$$

$$S_{\text{л}} = 1290,9 \text{ милі}$$

6. Розраховуємо довжину ортодромії за формулою:

$$D = \arccos(\sin\phi_{\text{н}} \sin\phi_{\text{к}} + \cos\phi_{\text{н}} \cos\phi_{\text{к}} \cos\Delta\lambda) \quad (2.6)$$

$$D = 970,8 \text{ милі}$$

7. Визначаємо доцільність плавання по ортодромії:

$$\Delta D = S_{\text{л}} - D \quad (2.7)$$

$$\Delta D = 320,1 \text{ милі}$$

Висновок: В результаті розрахунків вийшло, що відстань між заданими точками при плаванні по локсодромії становить 1290,9 милі, а відстань по ортодромії становить 970,8 милі. Отже, плавання по ортодромії дозволяє скоротити загальну дистанцію переходу на 320 морських миль, воно є однозначно кращим за використання локсодромії.

2.3.2 Складання маршрутних листів

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

Маршрутні листи складаються відповідно до рекомендацій ІМО та вимог судноплавної компанії. У маршрутних листах вказуються дані, необхідні для забезпечення безпеки плавання. Дотримані загальні рекомендації по путшовим точкам:

- цілі значення хвилин або градусів географічних координат в океані або на великій відстані від берега;
- траверси на помітні об'єкти, вогні або маяки в момент зміни курсу. Це робиться, щоб забезпечити додаткову можливість перевірки місця судна по візуальним орієнтирам до і після зміни курсу.

Відповідно до рекомендацій ІМО, при плануванні рейсу Х'юстон – Суапе, складаємо маршрутні листи, які повинні лежати на штурманському столі.

Безумовно, протягом рейсу в маршрутні листи вносяться необхідні зміни (наприклад, час проходження зазначеної точки повороту). Маршрутний план переходу між портами Х'юстон – Суапе зображено на рис. 2.6.

PASSAGE PLAN BERTH TO BERTH											
FROM: HOUSTON, USA							TO: SUAPE, BRAZIL				
ECDIS SAFETY SETTINGS:							Safety Depth: 67			Safety contour: 67	
FROM : WP 064 TO WP 072				FOR OPEN SEAS			Deep Countour: 44			Shallow Contour: 11	
FROM WP-000 TO WP-053 & FROM WP-076 TO WP-078 Please refer to Outbound And Inbound (mark adjust as applicable)											
								DIST. BERTH TO BERTH		4462,5 nm	
				MARINERS				DIST. PILOT TO PILOT		4414,1 nm	
PILOTAGE : OUT BOUND / IN BOUND : SEE SEPARATE PLAN											
WP CROSS OUT WHEN PASS	TIME PASS	ENC Name	REFERENCE NAME / BRG & DIST	Latitude	Longitude	UKC	ALTER COURSE TO	DIST. WP TO WP	DIST TO GO	POSITION FIXING	
										METHOD	FREQUENCY
0		US5HOUED	KINDER MORGAN DOCK 1 TERMINAL	29 44,77 N	095° 11,38 W	1,20	110	0,1	4462,5	PRIMARY - RAD/VIS/LOP SECONDARY-DGPS	5 min or Less
1		US5HOUED	107X0.2NM - POINT 1	29 44,73 N	095° 11,25 W	1,25	079	0,1	4462,4	PRIMARY - RAD/VIS/LOP SECONDARY-DGPS	5 min or Less
2		US5HOUED	148X0.06NM - POINT 1	29 44,76 N	095° 11,10 W	0,74	087	0,3	4462,3	PRIMARY - RAD/VIS/LOP SECONDARY-DGPS	5 min or Less
3		US5HOUED	095X0.32NM - POINT A	29 44,77 N	095° 10,79 W	0,74	078	0,2	4462,0	PRIMARY - RAD/VIS/LOP SECONDARY-DGPS	5 min or Less
4		US5HOUED	0.61X0.13 - POINT 4	29 44,80 N	095° 10,61 W	0,74	087	0,2	4461,8	PRIMARY - RAD/VIS/LOP SECONDARY-DGPS	5 min or Less
5		US5HOUED	071X0.23 - POINT 6	29 44,81 N	095° 10,41 W	2,04	091	0,1	4461,7	PRIMARY - RAD/VIS/LOP SECONDARY-DGPS	5 min or Less
6		US5HOUEE	062X0.14NM - POINT 6	29 44,81 N	095° 10,31 W	0,64	096	0,1	4461,6	PRIMARY - RAD/VIS/LOP SECONDARY-DGPS	5 min or Less
7		US5HOUEE	020X0.06NM - POINT 6	29 44,80 N	095° 10,20 W	0,64	103	0,1	4461,5	PRIMARY - RAD/VIS/LOP SECONDARY-DGPS	5 min or Less
8		US5HOUEE	140X0.08 - POINT 7	29 44,78 N	095° 10,08 W	0,64	110	0,2	4461,4	PRIMARY - RAD/VIS/LOP SECONDARY-DGPS	5 min or Less
9		US5HOUEE	207X0.06 - POINT 8	29 44,72 N	095° 09,91 W	0,64	119	0,1	4461,2	PRIMARY - RAD/VIS/LOP SECONDARY-DGPS	5 min or Less
10		US5HOUEE	167X0.1NM - POINT 10	29 44,65 N	095° 09,77 W	0,64	129	0,2	4461,1	PRIMARY - RAD/VIS/LOP SECONDARY-DGPS	5 min or Less

Рисунок 2.6 – Маршрутний лист (частина 1/6)

11		US5HOU EE	270X0.12NM - POINT 10	29 44,55 N	095° 09,62 W	0,64	137	0,2	4460,9	PRIMARY - RAD/VIS/LOP SECONDARY- DGPS	5 min or Less
12		US5HOU EE	206X0.07NM - POINT 12	29 44,41 N	095° 09,47 W	0,64	128	0,2	4460,7	PRIMARY - RAD/VIS/LOP SECONDARY- DGPS	5 min or Less
13		US5HOU EE	104X0.09NM - POINT 14	29 44,31 N	095° 09,33 W	0,64	119	0,2	4460,6	PRIMARY - RAD/VIS/LOP SECONDARY- DGPS	5 min or Less
14		US5HOU EE	202X0.1NM - POINT 16	29 44,23 N	095° 09,17 W	0,64	109	0,2	4460,4	PRIMARY - RAD/VIS/LOP SECONDARY- DGPS	5 min or Less
15		US5HOU EE	162X0.1 NM - POINT 17	29 44,18 N	095° 08,99 W	0,64	099	0,1	4460,2	PRIMARY - RAD/VIS/LOP SECONDARY- DGPS	5 min or Less
16		US5HOU EE	208X0.09NM - POINT 17	29 44,15 N	095° 08,82 W	0,64	096	0,9	4460,1	PRIMARY - RAD/VIS/LOP SECONDARY- DGPS	5 min or Less
17		US5HOU EE	054X0.09 - POINT 20	29 44,06 N	095° 07,80 W	0,64	087	0,3	4459,2	PRIMARY - RAD/VIS/LOP SECONDARY- DGPS	5 min or Less
18		US5HOU EE	053X0.1NM - POINT 21	29 44,08 N	095° 07,48 W	1,81	059	0,4	4458,9	PRIMARY - RAD/VIS/LOP SECONDARY- DGPS	5 min or Less
19		US5HOU EE	026X0.17NM - POINT 23	29 44,28 N	095° 07,08 W	1,25	067	0,7	4458,5	PRIMARY - RAD/VIS/LOP SECONDARY- DGPS	5 min or Less
20		US5HOU EE	011X0.06NM - POINT 24	29 44,54 N	095° 06,38 W	1,25	044	0,8	4457,8	PRIMARY - RAD/VIS/LOP SECONDARY- DGPS	5 min or Less
21		US5HOU EF	124X0.09NM - POINT 26	29 45,11 N	095° 05,75 W	0,91	035	0,2	4457,1	PRIMARY - RAD/VIS/LOP SECONDARY- DGPS	5 min or Less
22		US5HOU EF	351X0.12NM - POINT 27	29 45,29 N	095° 05,61 W	2,15	022	0,2	4456,8	PRIMARY - RAD/VIS/LOP SECONDARY- DGPS	5 min or Less
23		US5HOU EF	263X0.12NM - POINT 27	29 45,45 N	095° 05,53 W	2,15	030	0,3	4456,7	PRIMARY - RAD/VIS/LOP SECONDARY- DGPS	5 min or Less

Рисунок 2.6 – Маршрутный лист (часть 2/6)

24		US5HOUF	099X0.08 - POINT 29	29 45,67 N	095° 05,38 W	1,25	050	0,2	4456,4	PRIMARY - RAD/VIS/LOP SECONDARY- DGPS	5 min or Less
25		US5HOUF	338X0.11NM - POINT 30	29 45,77 N	095° 05,24 W	1,25	070	0,2	4456,2	PRIMARY - RAD/VIS/LOP SECONDARY- DGPS	5 min or Less
26		US5HOUF	291X0.11NM - POINT 31	29 45,84 N	095° 05,04 W	1,25	097	0,2	4456,1	PRIMARY - RAD/VIS/LOP SECONDARY- DGPS	5 min or Less
27		US5HOUF	113X0.23NM - POINT 32	29 45,81 N	095° 04,77 W	1,25	116	0,1	4455,8	PRIMARY - RAD/VIS/LOP SECONDARY- DGPS	5 min or Less
28		US5HOUF	166X0.08NM - POINT 32	29 45,74 N	095° 04,61 W	1,25	123	0,5	4455,7	PRIMARY - RAD/VIS/LOP SECONDARY- DGPS	5 min or Less
29		US5HOUF	099X0.41NM - POINT 35	29 45,50 N	095° 04,18 W	1,25	141	0,2	4455,2	PRIMARY - RAD/VIS/LOP SECONDARY- DGPS	5 min or Less
30		US5HOUF	085 X 0.72NM - POINT 35	29 45,38 N	095° 04,07 W	1,25	155	1,2	4455,1	PRIMARY - RAD/VIS/LOP SECONDARY- DGPS	5 min or Less
31		US5HOUF	025X0.14NM - POINT 38	29 44,33 N	095° 03,52 W	1,25	132	0,1	4453,9	PRIMARY - RAD/VIS/LOP SECONDARY- DGPS	5 min or Less
32		US5HOUF	055X0.1NM - POINT 39	29 44,24 N	095° 03,40 W	1,25	123	0,5	4453,8	PRIMARY - RAD/VIS/LOP SECONDARY- DGPS	5 min or Less
33		US5HOUF	183X0.09NM - POINT 41	29 43,94 N	095° 02,89 W	1,25	110	0,2	4453,2	PRIMARY - RAD/VIS/LOP SECONDARY- DGPS	5 min or Less
34		US5HOUF	265X0.13NM - POINT 41	29 43,89 N	095° 02,72 W	1,25	096	1,0	4453,1	PRIMARY - RAD/VIS/LOP SECONDARY- DGPS	5 min or Less
35		US5HOUF	251X0.21NM - POINT 44	29 43,79 N	095° 01,62 W	0,65	142	0,5	4452,1	PRIMARY - RAD/VIS/LOP SECONDARY- DGPS	5 min or Less
36		US5HOUF	083X0.1NM - POINT 45	29 43,39 N	095° 01,26 W	0,65	180	0,8	4451,6	PRIMARY - RAD/VIS/LOP SECONDARY- DGPS	5 min or Less
37		US5HOUF	146X0.16NM - POINT 47	29 42,60 N	095° 01,27 W	0,65	160	0,3	4450,8	PRIMARY - RAD/VIS/LOP SECONDARY- DGPS	5 min or Less

Рисунок 2.6 – Маршрутный лист(часть 3/6)

38		US5HOU EG	039X0.14NM - POINT 47	29 42,33 N	095° 01,16 W	0,65	132	0,4	4450,5	PRIMARY - RAD/VIS/LOP SECONDARY- DGPS	5 min or Less
39		US5HOU EG	184X0.09 - POINT 49	29 42,10 N	095° 0,86 W	0,65	098	0,6	4450,2	PRIMARY - RAD/VIS/LOP SECONDARY- DGPS	5 min or Less
40		US5HOU EG	042X0.21NM - POINT 52	29 42,02 N	095° 0,18 W	0,65	114	0,3	4449,6	PRIMARY - RAD/VIS/LOP SECONDARY- DGPS	5 min or Less
41		US5HOU EG	324X0.26NM - POINT 52	29 41,88 N	094° 59,84 W	1,85	132	0,9	4449,3	PRIMARY - RAD/VIS/LOP SECONDARY- DGPS	5 min or Less
42		US5HOU DG	088X0.2NM - POINT 55	29 41,30 N	094° 59,09 W	1,85	147	0,2	4448,4	PRIMARY - RAD/VIS/LOP SECONDARY- DGPS	5 min or Less
43		US5HOU DG	015X0.15NM - POINT 55	29 41,12 N	094° 58,96 W	1,85	162	3,9	4448,2	PRIMARY - RAD/VIS/LOP SECONDARY- DGPS	5 min or Less
44		US5TX54M	129X0.39NM - POINT 57	29 37,39 N	094° 57,55 W	0,95	162	0,6	4444,2	PRIMARY - RAD/VIS/LOP SECONDARY- DGPS	5 min or Less
45		US5TX54M	063X0.2NM - POINT 57	29 36,83 N	094° 57,33 W	0,95	158	0,4	4443,6	PRIMARY - RAD/VIS/LOP SECONDARY- DGPS	5 min or Less
46		US5TX54M	127X0.41NM - POINT 58	29 36,41 N	094° 57,14 W	0,95	146	8,2	4443,2	PRIMARY - RAD/VIS/LOP SECONDARY- DGPS	5 min or Less
47		US5TX54M	097X0.23NM - POINT 61	29 29,60 N	094° 51,91 W	1,35	156	8,2	4435,0	PRIMARY - RAD/VIS/LOP SECONDARY- DGPS	5 min or Less
48		US5TX53M	219X0.49NM - POINT 63	29 22,06 N	094° 48,12 W	0,95	138	1,6	4426,8	PRIMARY - RAD/VIS/LOP SECONDARY- DGPS	5 min or Less
49		US5TX53M	035X0.59NM - POINT 65	29 20,88 N	094° 46,91 W	0,95	117	0,7	4425,2	PRIMARY - RAD/VIS/LOP SECONDARY- DGPS	5 min or Less
50		US5TX53M	197X0.45NM - POINT 66	29 20,54 N	094° 46,15 W	1,85	086	2,8	4424,4	PRIMARY - RAD/VIS/LOP SECONDARY- DGPS	5 min or Less

Рисунок 2.6 – Маршрутный лист (часть 4/6)

51		US5TX53M	197X0.81NM - POINT 68	29 20,74 N	094° 42,91 W	0,65	102	1,4	4421,6	PRIMARY - RAD/VIS/LOP SECONDARY- DGPS	5 min or Less
52		US5TX53M	167X0.84NM - POINT 70	29 20,43 N	094° 41,31 W	0,95	121	4,2	4420,1	PRIMARY - RAD/VIS/LOP SECONDARY- DGPS	5 min or Less
53		US5TX53M	290X3.68NM - POINT 70 PILOT OFF	29 18,27 N	094° 37,21 W	2,11	142	0,2	4415,9	PRIMARY - RAD/VIS/LOP SECONDARY- DGPS	5 min or Less
54		US5TX53M	292X4.11NM - POINT 70	29 18,09 N	094° 37,05 W	1,81	141	3,6	4415,7	PRIMARY - RAD/VIS/LOP SECONDARY- DGPS	5 min or Less
55		US4TX52M	305X7.22NM - POINT 70	29 15,31 N	094° 34,47 W	0,88	132	6,6	4412,1	PRIMARY - RAD/VIS/LOP SECONDARY- DGPS	5 min or Less
56		US4TX52M	GULF OF MEXICO	29 10,88 N	094° 28,89 W	1,63	145	5,3	4405,5	PRIMARY - RAD/VIS/LOP SECONDARY- DGPS	5 min or Less
57		US4TX52M	118X2.51NM - PROD SPINNAKER	29 06,55 N	094° 25,45 W	1,63	180	26,5	4400,3	PRIMARY - DGPS SECONDARY- CELESTIAL	20 min or less
58		US3GC01M	GULF OF MEXICO	28 40,10 N	094° 25,50 W	1,04	180	60,7	4373,8	PRIMARY - DGPS SECONDARY- CELESTIAL	20 min or less
59		US3GC01M	GULF OF MEXICO	27 39,39 N	094° 25,59 W	14,15	167	51,5	4313,1	PRIMARY - DGPS SECONDARY- CELESTIAL	60 min or Less
60		US3GC01M	GULF OF MEXICO	26 49,26 N	094° 12,19 W	358,05	177	54,6	4261,6	PRIMARY - DGPS SECONDARY- CELESTIAL	60 min or Less
61		US3GC01M	GULF OF MEXICO	25 54,71 N	094° 08,99 W	1180,65	106	388,6	4206,9	PRIMARY - DGPS SECONDARY- CELESTIAL	60 min or Less
62		GB21220A	GULF OF MEXICO	24 08,41 N	087° 18,81 W	360,80	143	198,3	3818,4	PRIMARY - DGPS SECONDARY- CELESTIAL	60 min or Less
63		US2EC01M	CARIBBEAN SEA	21 30,29 N	085° 09,76 W	617,25	102	280,4	3620,1	PRIMARY - DGPS SECONDARY- CELESTIAL	60 min or Less
64		US2EC01M	CARIBBEAN SEA	20 33,87 N	080° 17,18 W	1881,70	113	287,0	3339,7	PRIMARY - DGPS SECONDARY- CELESTIAL	60 min or Less

Рисунок 2.6 – Маршрутный лист (часть 5/6)

65		GB281800	CARIBBEAN SEA	18 40,98 N	075° 38,66 W	616,30	137	59,1	3052,6	PRIMARY - DGPS SECONDARY- CELESTIAL	60 min or Less
66		US3HTI01	CARIBBEAN SEA	17 57,85 N	074° 56,39 W	735,00	117	832,6	2993,5	PRIMARY - DGPS SECONDARY- CELESTIAL	60 min or Less
67		VE300600	CARIBBEAN SEA	11 40,98 N	062° 12,85 W	883,20	091	109,0	2161,0	PRIMARY - DGPS SECONDARY- CELESTIAL	60 min or Less
68		FR274750	CARIBBEAN SEA	11 39,35 N	060° 22,24 W	667,55	120	500,6	2051,9	PRIMARY - DGPS SECONDARY- CELESTIAL	60 min or Less
69		BR321800	ATLANTIC OCEAN	07 27,03 N	053° 06,58 W	698,00	125	975,2	1551,3	PRIMARY - DGPS SECONDARY- CELESTIAL	60 min or Less
70		BR322100	ATLANTIC OCEAN	01 55,53 S	039° 53,61 W	744,55	122	360,6	576,2	PRIMARY - DGPS SECONDARY- CELESTIAL	60 min or Less
71		BR322100	ATLANTIC OCEAN	05 06,63 S	034° 49,27 W	24,50	168	109,7	215,6	PRIMARY - DGPS SECONDARY- CELESTIAL	60 min or Less
72		BR400930	ATLANTIC OCEAN	06 54,04 S	034° 27,03 W	851,10	184	78,8	105,9	PRIMARY - DGPS SECONDARY- CELESTIAL	60 min or Less
73		BR400930	ATLANTIC OCEAN	08 12,66 S	034° 32,94 W	18,10	246	3,6	27,0	PRIMARY - DGPS SECONDARY- CELESTIAL	60 min or Less
74		BR400930	ATLANTIC OCEAN	08 14,12 S	034° 36,27 W	50,50	245	20,1	23,4	PRIMARY - RAD/VIS/LOP SECONDARY-	20 min or less
75		BR500906	250.8*2.6 - BW PIER	08 22,75 S	034° 54,55 W	1,08	258	1,4	3,3	PRIMARY - RAD/VIS/LOP SECONDARY-	20 min or less
76		BR500906	243*1.16 - BW PIER PILOT/ON	08 23,05 S	034° 55,95 W	2,92	251	1,3	1,8	PRIMARY - RAD/VIS/LOP SECONDARY-	5 min or Less
77		BR500906	249X0.73NM - POINT K	08 23,48 S	034° 57,21 W	3,74	208	0,5	0,5	PRIMARY - RAD/VIS/LOP SECONDARY-	5 min or Less
78		BR500906	PGL 1 A SUAPE,BRAZIL	08 23,92 S	034° 57,45 W	3,56				PRIMARY - RAD/VIS/LOP SECONDARY-	5 min or Less

Рисунок 2.6 – Маршрутный лист (часть 6/6)

2.3.3 Графічний план переходу

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

Графічний план переходу зобразимо на рис. 2.2.

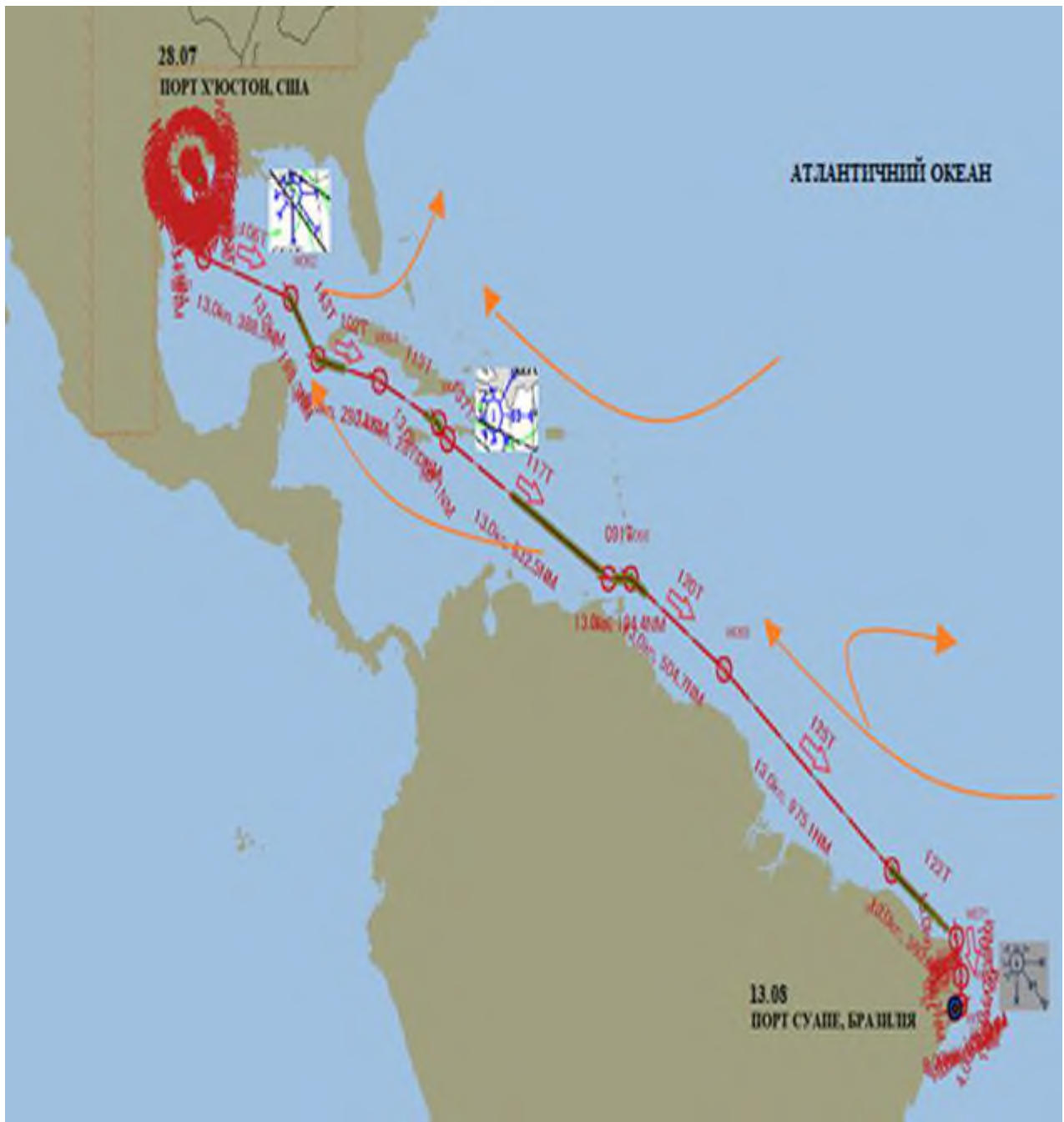


Рисунок 2.7 – Графічний план переходу

2.3.4 Розрахунок природної освітленості

Розрахунки освітленості виконують двома послідовними наближеннями [15]:

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

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

Далі розраховуються по Nautical Almanac моменти (ZT) явищ, характеризуючих освітленість (користуючись для інтерполяції таблицями: «Conversion of ARC to Time» і «Tables for Interpolating Sunrise, Moonrise, etc»).

Результати вносять в таблицю.

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

Природна освітленість розрахована на початок, середину та кінець рейсу.

Для прикладу наведемо розрахунок елементів освітленості на 11.08.2023.

$$\phi = 07^{\circ} 27' \text{N}$$

$$\lambda = 053^{\circ} 07' \text{W}$$

Twilight		Sunrise		Sunset		Twilight	
LMT	04 11	LMT	04 57	LMT	18 19	LMT	18 46
$+\Delta T\phi$	0	$+\Delta T\phi$	0	$+\Delta T\phi$	0	$+\Delta T\phi$	0
$+\Delta T\lambda$	-	$+\Delta T\lambda$	-	$+\Delta T\lambda$	-	$+\Delta T\lambda$	-
C.LMT	04 11	C.LMT	04 57	C.LMT	18 19	C.LMT	18 46
$+ - \lambda$	3 32	$+ - \lambda$	3 32	$+ - \lambda$	3 32	$+ - \lambda$	3 32
GMT	07 43	GMT	08 29	GMT	21 51	GMT	22 18
$+ - ZD$	-3	$+ - ZD$	-3	$+ - ZD$	-3	$+ - ZD$	-3
ZT	04 43	ZT	05 29	ZT	18 51	ZT	19 18

По широті місця судна j і схиленню Сонця d на моменти його сходу і заходу по формулі $\text{tg } A$ розрахуємо азимути Сонця (Z) при сході і заході, які також внесемо до табл. 2.10.

Таблиця 2.10 – Елементи освітленості на початок, середину та кінець рейсу

Date	Twilight	SUN				Twilight	Moon		
		Sunrise ZT	Z	Sunset ZT	Z		Moonrise ZT	Age	Moonset ZT
29.07	4:25	5:22	63	18:51	287	19:18	22:39	19(70%)	10:27
11.08	4:43	5:29	72	17:47	283	18:37	8:20	3(10%)	20:48
13.08	5:26	6:12	74	17:58	284	18:45	9:55	5(27%)	22:28

2.3.5 Розрахунок висот приливів та побудова графіків приливів

Розрахунок приливних явищ та побудову графіків приливів здійснюємо для ділянок з обмеженими глибинами, для портів та якірних стоянок [16].

Приклад надано в табл. 2.11 та 2.12, а графіки побудовані на рис. 2.8-2.9.

В порту відходу:

Таблиця 2.11 – Приливні явища в порту відходу (Х'юстон), 28.07.2025

Standard Port	<u>Galveston</u>				Date	28.07	Time Zone	-5	
Secondary Port									
Standard Port	TIME		HEIGHT						
	LW	HW	LW	HW	RANGE				
	0:43	8:01	0	0.4	0.4				
Seasonal Change	Standard Port		0	0					
DIFFERENCES									
Seasonal Change	Secondary Port								
SECONDARY PORT									
Duration	7:10					5:23			

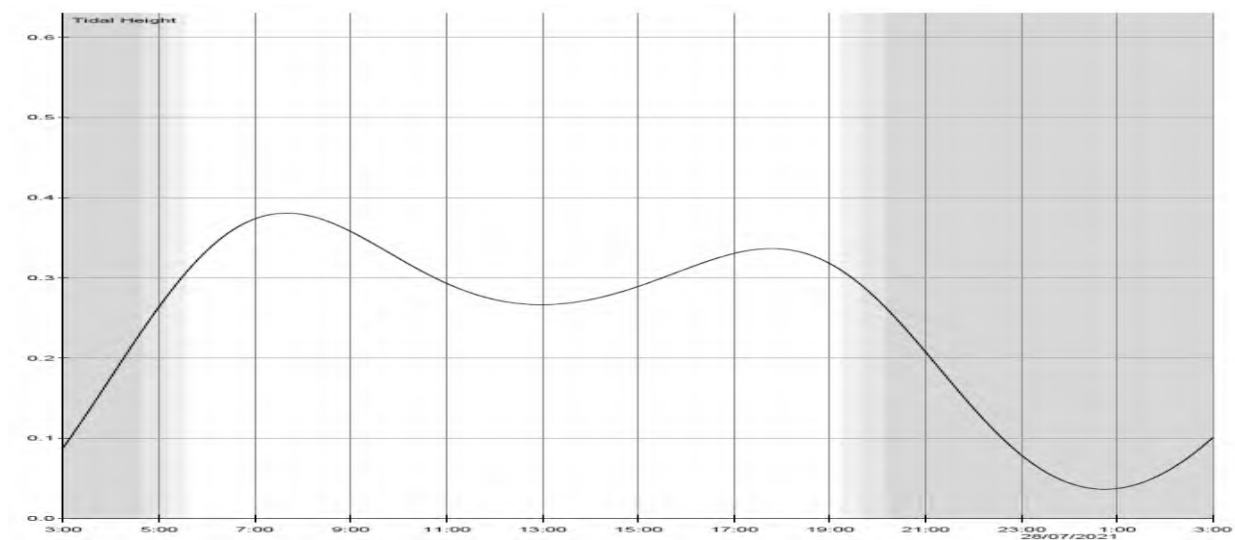


Рисунок 2.8 – Графік приливів в порту відходу (Х'юстон), 28.07.2025

Таблиця 2.12– Приливні явища в порту приходу (Суапє), 13.08.2025

Standard Port	<u>Porto De Suape</u>				Date	13.08	Time Zone	-3
Secondary Port	<u>Recife</u>							
Standard Port	TIME		HEIGHT					
	LW	HW	LW	HW	RANGE			
	1:01	7:01	0.4	2.1	1.7			
Seasonal Change	Standard Port		+0.2	+0.2				
DIFFERENCES	-0050	-0037	-0.5	-1.3				
Seasonal Change	Secondary Port		+0.1	+0.1				
SECONDARY PORT	0:11	6:24	0.2	1.1				
Duration	6:00							

Standard Port	TIME		HEIGHT					
	LW	HW	LW	HW	RANGE			
	13:15	19:43	0.4	1.9	1.5			
Standard Port			+0.2	+0.2				
	-0050	-0037	-0.5	-1.3				
Secondary Port			+0.1	+0.1				
	12:25	19:06	0.2	0.9				
	6:20							

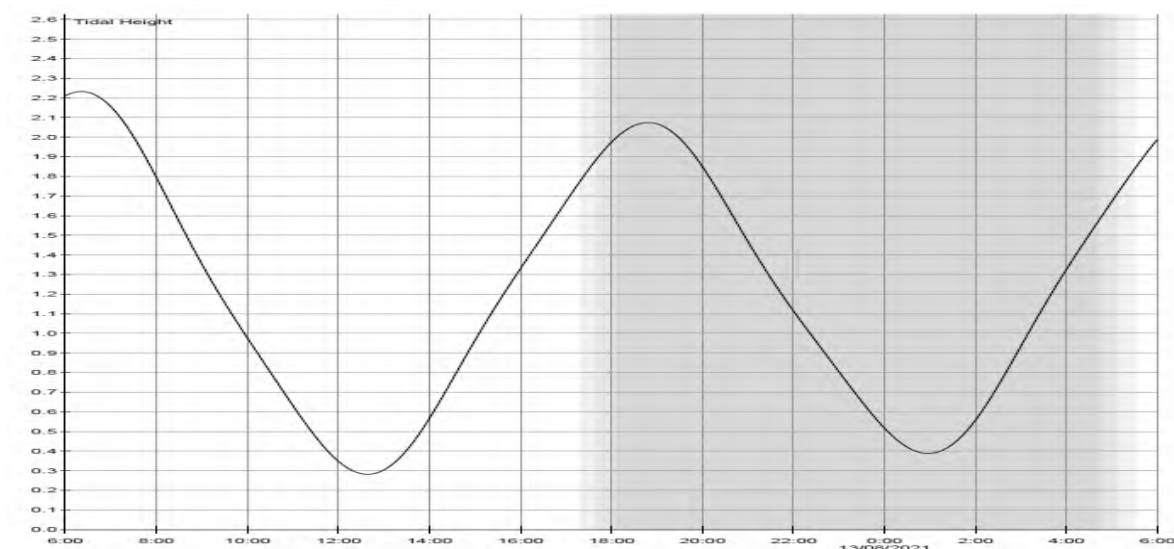


Рисунок 2.9 – Графік приливів в порту приходу (Суапє), 13.08.2025

2.4 Висновки

Як висновок до цього розділу магістерської роботи, зазначимо наступне:

- були визначені загальні відомості та методика підготовки плану переходу судна;
- виконаний збір наступної інформації для переходу: карти, публікації, метеорологічні умови, станції NAVTEX та райони NAVAREA, наявність СУРС на маршруті та ін.
- проведені наступні навігаційні розрахунки: розрахунок ортодромії(визначена необхідність слідувати по ортодромії замість локсодромії), розрахунок природної освітленості, приливів в порту відходу та приходу, розрахунок мінімально необхідної глибини під кілем судна.
- наведений реальний план переходу із порту Х'юстон (США) до порту Суапє (Бразилія), разом із його графічним зображенням.
- забезпечена безпека мореплавства згідно з виконаними розрахунками та зібраною інформацією вважається забезпеченою.

РОЗДІЛ 3

ОБРОБКА ТА РОЗМІЩЕННЯ ВАНТАЖІВ

3.1 Транспортні характеристики вантажів

3.1.1 Наливні вантажі

Одним з важливих етапів підготовки до розрахунку вантажного плану є детальне вивчення транспортних характеристик і властивостей вантажів, правильний облік яких сприяє забезпеченню безпеки плавання судна, своєчасній і підлягаючій зберіганню їх доставці [17].

До перевезення приймається зріджений газ бутан (нормальний бутан). Бутан (C_4H_{10}) має молекулярну масу 58,12 г/моль, кипить при $-0,5^{\circ}C$ (нормальний бутан) і має критичну температуру $152^{\circ}C$ з тиском 37,97 бар.

За IGC Code (глава 19), бутан класифікується як нешкідливий для судна, але небезпечний газ (flammable), з мінімальним тиском резервуарів 5,7 бар і температурою не вище $152^{\circ}C$. Судна типу 2G мають посилені заходи проти витоків, включаючи подвійні бар'єри та системи виявлення.

У зрідженому стані за IGC Code його зберігають при атмосферному тиску або під надлишком, з урахуванням низької розчинності у воді (61 мг/л). Цей газ є супутнім продуктом при видобуванні і переробці нафти і природного газу. Температура кипіння бутану при атмосферному тиску $-0,5^{\circ}C$, його відносна густина при атмосферній точці кипіння у рідинній фазі становить приблизно 0,600 (вода – 1,000), а в газоподібній – 2,09 (повітря – 1,0).

Газ більш вигідно транспортувати в вигляді рідини, тому що вага зрідженого газу приблизно в 650 разів більша ніж його вага в газовій фазі. Але навіть при транспортуванні газів у зрідженому стані, їх відносна густина буде доволі мала (наприклад, для метану 0,42, для VCM 0,97).

Температура, за якої можна сконденсувати газ, залежить від тиску, при якому знаходиться газ. Тому значення тиску і температури газу під час транспортування береться до уваги при проектуванні і обладнанні суден для його перевезення. Оптимальною температурою перевезення бутану є приблизно -5°C . 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 компресорами, вони повинні бути затверджені для застосування на танкерах. Також при вантажних операціях заборонено користуватися мобільними телефонами та іншими приладами, які володіють радіо випромінюванням. Суднові радари необхідно вимкнути, а радіостанції перевести на низьку потужність випромінювання [18, 19].

Більшість комерційних газів має густину, яка приблизно дорівнює половині густини води, і вантажомісткість буде визначатися корисним об'ємом вантажних танків судна. Загалом судна для перевезення зріджених газів являють собою судна з високим надводним бортом і відносно невеликою осадкою. Такі конструктивні особливості газозовів разом з впливом вільних поверхонь рідкого вантажу вимагають більшої уваги до остійності даного типу суден.

Екологічна інформація. Згідно з наявними даними речовина не завдає шкоди водному середовищі. Дана речовина легко випаровується і нерозчинна у воді.

Рекомендації з утилізації. Дана речовина має знищуватися як небезпечні відходи. Не скидати в каналізацію або в навколишнє середовище, для знищення здавати на спеціальний пункт збору відходів.

Щільність вантажу при завантаженні склала $-0,608\text{ т/м}^3$ за температури -6°C .

Максимальна ємність резервуарів – до 8000 м^3 на судно типу 2G, з обов'язковим розділенням від житлових зон на $0,2B$ (B – ширина судна).

Перевезення регулюється IMO Resolution MSC.370(93), з акцентом на вентиляцію та інертний газ.

Зведені транспортні характеристики пропілену приведені у табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Основні характеристики вант ажів

№ п/п	Назва вантажів	IGC Code			Норми вантажних робіт, т/добу	
		Номер ООН	Тип судна	Спеціальні вимоги		
					Завантаження	Розвантаження
1	Бутан	-	2G	-	30000	27000

Тип судна 2G – це судно газовоз, яке призначено для перевезення продуктів поіменованих у розділі 19 (IGC Code) і на якому потребується прийняття в достатньо великих масштабі дій по запобіганню витоку вантажу, віднесених до таких продуктів.

Правила, що регламентують перевезення пропілену:

- SOLAS CH VII;
- ISGOTT;
- OCIMF SIRE;
- CDI SIR;
- Процедури СУБ компанії Innovator Gas Shipping INC.

3.2 Підготовка вантажних приміщень до прийому вантажу

Ще до приходу судна в порт всі підготовчі та вантажні операції планує суднова адміністрація. Час стоянки судна в порту має бути зведено до мінімуму, оскільки дохід залежить від часу перевезення вантажу, а не стоянки в порту. Це означає, що судно має бути повністю готове до майбутніх вантажних

операцій і мати заздалегідь всю необхідну інформацію про стоянку в порту [19, 20].

До приходу судна в порт капітан зобов'язаний запитати через агента порту навантаження наступну інформацію:

- найменування та кількість вантажу, призначеного для завантаження (якщо заплановано кілька партій вантажу, то необхідна інформація має бути надана по кожному вантажу);
- тиск і температуру вантажу у прийомного фланця терміналу, а також інші характеристики вантажу, які можуть знадобитися;
- розмір фланців берегового з'єднання і його тип (ANSI, DIN);
- наявність на терміналі берегової газовідвідної магістралі і необхідність її використання, а також максимальну продуктивність газовідвода;
- максимальну швидкість завантаження і обмеження;
- будь-які спеціальні вимоги терміналу при проведенні вантажних операцій.

До приходу судна перевіряють всі суднові системи і механізми, які будуть задіяні у вантажних операціях, і їх безпеку, а саме:

- системи аварійного закриття вантажних клапанів;
- системи пожежогасіння;
- копресування вантажних магістралей з перевіркою герметичності з'єднань і заглушок;
- системи виявлення газу і аварійної сигналізації;
- системи сигналізації граничного рівня заповнення танків;
- запобіжні клапана виставляються на необхідний тиск спрацьовування.

Про проведення вищевказаних перевірок роблять запис у судновому журналі.

Більше того, до проведення вантажних операцій необхідно перевірити устаткування, що забезпечує безпеку персоналу:

- палубне освітлення;
- систему вентиляції житлових і службових приміщень;
- наявність захисного одягу і придатність дихальних апаратів;

- стан вогнегасящих сіток на системах вентиляції;
- узгодити всі роботи, що проводяться в районі вантажних операцій; крім того, необхідно ознайомити екіпаж з основними небезпеками вантажів, заявлених до перевезення, і проінструктувати персонал, який буде обробляти вантаж.

Вантажну систему готують заздалегідь, до початку вантажних операцій. Якщо необхідно, то встановлюють перехідники на маніфолдах для під'єднання до берегових магістралей. Складають вантажний план і виконують попередній розрахунок вантажу. Визначають час, необхідний для підготовки до вантаження (захолюдження магістралей, танків). Розраховують час на вантаження з урахуванням максимально можливої швидкості наливу.

Виробляється інструктаж екіпажу про запобіжні заходи при роботі з вантажем.

По закінченні швартування до причалу необхідно виконати наступні операції:

- якщо правилами порту не потрібна установка ізолюючих фланців, то до початку шланговки судно треба належним чином заземлити;
- відключити індукційний захист корпусу судна (якщо він встановлений);
- під'єднати берегові трубопроводи до судових прийомним фланців;
- спільно з представниками терміналу перевірити стан вантажних танків (тиск і температуру) і, якщо необхідно, взяти проби повітря та ін .;
- повторно перевірити всі вантажні магістралі та системи;
- заповнити необхідні перевірочні аркуші підготовки судна до вантажних операцій.

Завантаження і розвантаження вантажів на судні супроводжується оформленням ряду документів, що проходять через судно і візованих капітаном, старшим помічником і судовими тальманами.

Перш за все капітан отримує рейсове розпорядження (Voyage Order) від фрахтувальника, судовласника або оператора за наявною на судні зв'язку. Далі капітан зобов'язаний слідувати рейсовим інструкціям і слідувати в порт

навантаження. За 96, 48, 24, 12 годин подавати нотіс про очікуваний час прибуття судна. Після прибуття судна на якірну стоянку або за 12 годин до прибуття в порт призначення за відсутності очікування подати попередній вантажний план. У випадку очікування вантажних операцій капітан повинен подати нотіс про готовність (Notice of Readiness). Попередній вантажний план розробляється старшим помічником капітана в залежності від кількості вантажу, вказаного у рейсовому завданні, або вантажопідйомності судна.

Нотіс про готовність (Notice of Readiness) – документ, що засвідчує готовність судна до проведення вантажних операцій. Нотіс про готовність вважається документом, що визначає початок стояночного часу, якщо він поданий у строки, встановлені договором про морське перевезення. Підписується капітаном.

До початку вантажних операцій представник термінала- Вантажний майстер (Loading Master), Інспектор терміналу з безпеки (Safety Inspector) і Старший помічник капітана підписують SSCL – Ship Shore Safety Checklist, як того вимагає ISGOTT, обмовляється швидкість навантаження, аварійні сигнали, методи зв'язку і т .д. До початку вантажних операцій, зазвичай до заходу судна в порт, фрахтувальник видає MSDS (Material Safety Data Sheet) – перевірочний лист з безпеки і сертифікат якості (Certificate of Quality), де вказуються всі характеристики та властивості вантажу [18].

Під час вантажних операцій ведеться Таймшит (Timesheet) – акт обліку стояночного часу – складають в кожному порту вантаження і вивантаження. Його підписує капітан і представник фрахтувальника. Вантаження відбувається під контролем вантажного (або вахтового) помічника капітана і супроводжується щогодинним підрахунком вантажу на борту і контролем остійності. По закінченню вантажних операцій старший помічник і сюрвеєрів роблять виміри рівнів вантажу в танках і складають – Звіт про порожнечі або Акт про завантаження (Ullage Report) на його підставі складається Коносамент. При навантаженні зріджених газів вільний простір вантажного танка заповнюється парами, які утворюються при випаровуванні самого вантажу,

тому при підрахунку вантажу скрапленого газу враховують і масу газової фази вантажу в танку (часом досить значну).

Коносамент (Bill of Lading) – документ, що видається судновласником або його агентом власнику відправляється морем вантажу в посвідченні факту прийняття його до перевезення. Коносамент підписується капітаном. Коносамент, який не містить ніяких застережень називається чистим. Так само капітан і вантажний майстер підписують Pumping Log судна і терміналу.

Pumping Log – звіт, який відображає щогодинну швидкість навантаження / вивантаження, кількість навантаженого / вивантаженого вантажу, тиск на маніфолді.

Морський протест (Sea Protest) – заява капітаном про прийняття екіпажем всіх заходів щодо забезпечення збереження вантажу з метою захисту інтересів судновласника, коли втрата або пошкодження вантажу сталися внаслідок дій непереборної сили. Підписується капітаном і членами екіпажу, представниками агента і засвідчується нотаріусом.

Практично завжди між кількістю вантажу, що надійшов на борт судна і кількістю вантажу, злитим з берегових резервуарів, буде різниця. Це пояснюється, насамперед, різним ступенем точності в калібрування берегових резервуарів і суднових вантажних танків, розходженням в точності і способах визначення рівня рідини і ін. Тому міжнародними правилами допускається деяка розбіжність в кількості вантажу, прийнятого на судно (Ship's Figure), і відвантаженого терміналом (Shore Figure). Як правило, кількість вантажу, визначене за береговим замірами, вноситься в основний вантажний документ - коносамент (Bill of Lading). Однак, допустима різниця між коносаментною кількістю вантажу і кількістю, визначеним за судновим вимірами, не повинна перевищувати 0,5 % від загальної кількості вантажу, в іншому випадку в обов'язковому порядку має бути заявлено лист-протест на різницю в кількості вантажу [21].

3.3 Розрахунок чистої вантажопідйомності судна

Повна розрахункова водотоннажність судна Δ_p , що служить вихідною величиною при визначенні його чистої вантажопідйомності Δ_q на рейс, залежить від вантажних марок у портах завантаження і розвантаження та 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 [22].

Перехід Х'юстон – Суапе проходить у зоні дії літньої і тропічної вантажної марки. Оскільки в порту Х'юстон і Суапе відсутні обмеження по осадці для даного розміру судна, але в порту відходу діє літня вантажна марка, то приймаємо її як лімітуючою, і проводимо розрахунки саме з її урахування.

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

$$\Delta_p = 73711 \text{ т.}$$

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

$$\Delta_w = \Delta_p - \Delta_0, \quad (3.1)$$

де Δ_0 – водотоннажність судна порожньому, т.

$$\Delta_w = 73711 - 19217 = 54494 \text{ т}$$

Ходовий час визначається по формулі:

$$t_p = S/(V_s \cdot 24) + t_{зп}, \quad (3.2)$$

де: V_s – швидкість судна;

S – довжина траси переходу, милі;

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

В рейсових інструкціях капітану визначена швидкість 13 вузл.

$$t_x = 4462,5 / (13 \cdot 24) + 0,2 = 14,5 \text{ діб.}$$

Нормативна тривалість стояночного часу розраховується по формулі:

$$t_{\text{ст}} = \frac{\sum Q_i}{M}, \quad (3.3)$$

де: Q_i – кількість вантажу, т;

M – валова норма вантажних робіт, т/добу.

За умовами рейсового завдання приймається 49929,8 т бутану.

$$t_{\text{ст}} = 49929,8 / 30000 + 49929,8 / 27000 + 0,5 = 4 \text{ доби}$$

Кількість вантажу, що може прийняти судно, залежить від величини запасів.

Зазвичай немає необхідності враховувати стояночні запаси, що витрачають у порту завантаження, тому що до моменту закінчення навантаження стояночні запаси, передбачені на час навантажування будуть витрачені.

Загальна кількість рейсових запасів $P_{\text{зап}}$ розраховується як сума ходових запасів $P_{\text{зап}}^x$ і необхідних для порту вивантаження стояночних запасів $P_{\text{зап}}^{\text{ст}}$:

$$P_{\text{зап}} = P_{\text{зап}}^x + P_{\text{зап}}^{\text{ст}}; \quad (3.4)$$

Кількість ходових запасів становить суму:

$$P_{\text{зап}}^x = P_{\text{т}}^x + P_{\text{в}}^x + P_{\text{см}}^x; \quad (3.5)$$

де $P_{\text{т}}^x$, $P_{\text{в}}^x$, $P_{\text{см}}^x$ – відповідно кількість палива, води і мастила необхідне на перехід від порту навантаження до порту вивантаження з урахуванням коефіцієнта штормового запасу $k_{\text{шт}}$, але за вказівкою судновласника при виконанні цього рейсу його не враховували.

$$P_{\text{т}}^x = q_{\text{т}}^x \cdot t_x \cdot k_{\text{шт}}; \quad (3.6)$$

$$P_{\text{в}}^x = q_{\text{в}}^x \cdot t_x \cdot k_{\text{шт}}; \quad (3.7)$$

$$P_{\text{см}}^x = q_{\text{м}}^x \cdot P_{\text{т}}^x \cdot k_{\text{шт}}; \quad (3.8)$$

де $q_{\text{т}}^x$, $q_{\text{в}}^x$, $q_{\text{м}}^x$ – добова норма витрати палива, води і масла на ходу судна відповідно, т/добу.

$$P_{\text{т(маз)}}^x = 28,6 \cdot 14,5 = 414,7 \text{ т}$$

$$P_{\text{т(диз)}}^x = 2 \cdot 14,5 = 29 \text{ т}$$

$$P_{\text{в}}^x = 5 \cdot 14,5 = 72,5 \text{ т}$$

$$P_{\text{см}}^x = 0,21 \cdot 14,5 = 3 \text{ т}$$

$$P_{\text{зап}}^x = 414,7 + 29 + 72,5 + 3 = 519,2 \text{ т}$$

Аналогічно знаходять кількість стояночних запасів:

$$P_{\text{зап}}^{\text{ст}} = P_{\text{т}}^{\text{ст}} + P_{\text{в}}^{\text{ст}} + P_{\text{см}}^{\text{ст}}; \quad (3.9)$$

$$P_{\text{т}}^{\text{ст}} = q_{\text{т}}^{\text{ст}} \cdot t_{\text{ст}}; \quad (3.10)$$

$$P_{\text{в}}^{\text{ст}} = q_{\text{в}}^{\text{ст}} \cdot t_{\text{ст}}; \quad (3.11)$$

$$P_{\text{см}}^{\text{ст}} = 0,05 \cdot P_{\text{т}}^{\text{ст}}; \quad (3.12)$$

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

$$P_{\text{т}}^{\text{ст}} = 2,2 \cdot 4 = 8,8 \text{ т}$$

$$P_{\text{в}}^{\text{ст}} = 2,5 \cdot 4 = 10 \text{ т}$$

$$P_{\text{см}}^{\text{ст}} = 0,05 \cdot 8,8 = 0,44 \text{ т}$$

$$P_{\text{зап}}^{\text{ст}} = 8,8 + 10 + 0,44 = 19,24 \text{ т}$$

$$P_{\text{зап}} = 519,2 + 19,24 = 538,44 \text{ т}$$

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

$$\Delta_{\text{ч}} = \Delta_{\text{W}} - (P_{\text{зап}} + \text{const}); \quad (3.13)$$

де const – екіпаж, постачання і ін.

$$\Delta_{\text{ч}} = 54494 - (538,44 + 115,6) = 53839,9 \text{ т}$$

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

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

$$Q \leq \Delta_{\text{ч}}, \quad (3.15)$$
$$25393,5 \leq 53839,9 \text{ т};$$

$$V \leq W_{\text{с}}, \quad (3.16)$$
$$82121,2 \leq 82451,4 \text{ м}^3.$$

Фактична маса та об'єм вантажів не перевищують розраховану чисту вантажопідйомність судна на рейс, та об'єм судових вантажних приміщень.

3.4 Складання вантажного плану

Перевізник несе відповідальність за неправильне розміщення вантажів на судні. Неправильне або невіддале розміщення вантажів, перевантаження окремих відсіків неминує приводить до перенапружень корпусу, а в окремих випадках до пошкоджень і навіть аварії судна. Тому судно повинне бути завантажено так, щоб не з'явився крен, були належний диферент і достатня остійність, не були порушені умови місцевої і загальної міцності. Це досягається відповідним розподілом вагового завантаження по вантажних приміщеннях судна.

Розподіл вантажів виконано в табл. 3.3 .

Таблиця 3.3 – Розміщення вантажів на судні

№	Найменування приміщення	Об'єм вантажів, м ³	Маса вантажів, т
1	2	3	4
1	No.1 Cargo Tank P	5648,5	3894,5
2	No.1 Cargo Tank S	5733,1	3898,5

Продовження табл. 3.3

1	2	3	4
3	No.2 Cargo Tank P	6827,1	4642,4
4	No.2 Cargo Tank S	6831,0	4645,1
5	No.3 Cargo Tank P	6112,5	4156,5
6	No.3 Cargo Tank S	6112,5	4156,5
7	Разом:	37264,7	25393,5

У подальших розрахунках будемо опиратися на дану таблицю.

3.5 Характеристика експлуатаційних умов рейсу

При складанні вантажного плану необхідно в комплексі враховувати характеристики судна, вантажів, траси і портів заходу. Гідрометеорологічні умови плавання і характеристика портів заходу в частині стосується вантажних операцій представлені в розділі 2.

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

Далі описуємо порти заходу з точки зору оцінки їх вантажних можливостей [12].

Порт відходу: Х'юстон, Сполучені Штати Америки (США)

Координати: (29°44'N, 095°16'W);

Дата початку рейсу: 28 Липня 2021 (28/07/2021);

Діюча вантажна марка: літня;

Глибини у причалу: мінімальна глибина під кілем 0,7 метрів;

Щільність води в порту: 1,000 г/см³;

Робочі години в порту: в порту впроваджено чотири зміни на протязі всього дня: 0600 – 1200; 1200 – 1800; 1800 – 2400; 0000 – 0600;

В порту доступно паливо та прісна вода порядок замовлення все через агента. Всі послуги і види обслуговування замовляються також через агента.

Порт приходу: Суапе, Бразилія (39.10 N. 076.41 W.);

Дата кінця рейсу: 13 Серпня 2021 (13/08/2021);

Діюча вантажна марка: тропічна;

Глибини у причалів: від 12 до 15 метрів;

Щільність води в порту: 1,025 г/см³;

Робочі години в порту: в порту впроваджено чотири зміни на протязі всього дня: 0600 – 1200; 1200 – 1800; 1800 – 2400; 0000 – 0600;

В порту доступні послуги: медичні послуги, поставка прісної води(швидкість – 70 м³/год), паливо, поповнення суднових запасів. Всі послуги надаються через агента.

Більшість інформації щодо портів Х'юстон та Суапе наведена у розділі 2 «Аналіз, оцінка та планування навігаційного переходу».

РОЗДІЛ 4

ОЦІНКА МОРЕХІДНИХ ЯКОСТЕЙ СУДНА

В даному розділі виконана комплексна оцінка морехідних якостей судна. Для газовозу «Pacific Rizhao» абсциси відраховуються від кормового перпендикуляру. Диферент на корму має знак «—», а в ніс «+».

4.1 Розрахунок водотоннажності й координат центра ваги судна

Розподіл запасів на судні на відхід виконано в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Розподіл запасів на відхід

Найменування цистерн	Міст- кість, т	Маса, т	Плечі, м		Моменти, тм	
			x	z	M _x	M _z
1	2	3	4	5	6	7
Моторне паливо $\rho = 1,010 \text{ т/м}^3$						
ER LSHFO TK(C)	798,1	444,2	37,182	13,769	16516	6116
ER HFO TK(P)	860,0	450,3	34,362	16,192	15473	7291
ER HFO TK(S)	763,3	385,8	36,697	14,925	14158	5758
HFO SERV. TK(P)	71,5	69,9	30,400	13,403	2125	937
HFO SETT. TK(P)	71,5	68,4	33,600	13,403	2298	917
LSHFO SERV. TK(P)	54,1	52,8	36,379	13,283	1921	701
LSHFO SETT. TK(P)	55,8	54,3	36,379	13,283	1975	721
Всього моторного палива		1525,7	35,70	14,71	54466	22441
Дизельне паливо $\rho = 0,850 \text{ т/м}^3$						
LSMGO STOR.TK(S)	440,6	325,8	26,620	16,591	8673	5405

Продовження табл. 4.1

1	2	3	4	5	6	7
LSMGO SERV.TK(S)	45,6	44,1	21,600	19,221	953	848
Всього дизельного палива		369,9	26,02	16,90	9626	6253
Мастило $\rho = 0,920 \text{ т/м}^3$						
ME SYS.O.STOR.TK(S)	29,5	13,8	15,600	18,625	215	257
ME SYS.O.SETT.TK(S)	29,5	18,5	18,000	18,625	333	345
NO.1 ME						
CYL.O.STOR.TK(S)	14,7	9,3	13,800	18,625	128	173
NO.2 ME						
CYL.O.STOR.TK(S)	14,7	7,4	12,600	18,625	93	138
GE LO SETT.TK(S)	3,0	1,3	11,500	17,600	15	23
GE LO STOR.TK(S)	4,5	2,1	11,500	17,600	24	37
Всього мастила		52,4	15,42	18,57	808	973
Вода $\rho = 1,000 \text{ т/м}^3$						
FW TK(P)	214,9	175,0	5,863	17,712	1026	3100
FW TK(S)	214,9	177,2	5,863	17,712	1039	3139
Всього води		352,2	5,86	17,71	2065	6239
Інші танки						
S/T CFW TK(C)	34,2	34,2	9,533	3,516	326	120
BILGE W.HOLD.TK	39,8	0,9	14,178	1,245	13	1
SLUDGE TK(P)	13,3	0,4	30,000	9,905	12	4
FO OVERFLOW TK(C)	31,5	0,7	33,561	1,316	23	1
Всього		36,2	10,33	3,51	374	127
ВСЬОГО ЗАПАСІВ:		2336,4	28,82	15,42	67339	36033

Розподіл запасів на судні на прихід виконано в табл. 4.2.

Таблиця 4.2 – Розподіл запасів на прихід

Найменування цистерн	Міст- кість, т	Маса, т	Плечі, м		Моменти, тм	
			x	z	M _x	M _z
1	2	3	4	5	6	7
Моторне паливо $\rho = 1,010 \text{ т/м}^3$						
ER LSHFO TK(C)	798,1	29,5	37,182	13,769	1097	406
ER HFO TK(P)	860,0	450,3	34,362	16,192	15473	7291
ER HFO TK(S)	763,3	385,8	36,697	14,925	14158	5758
HFO SERV. TK(P)	71,5	69,9	30,400	13,403	2125	937
HFO SETT. TK(P)	71,5	68,4	33,600	13,403	2298	917
LSHFO SERV. TK(P)	54,1	52,8	36,379	13,283	1921	701
LSHFO SETT. TK(P)	55,8	54,3	36,379	13,283	1975	721
Всього моторного палива		1111,0	35,15	15,06	39047	16731
Дизельне паливо $\rho = 0,850 \text{ т/м}^3$						
LSMGO STOR.TK(S)	440,6	296,8	26,620	16,591	7901	4924
LSMGO SERV.TK(S)	45,6	44,1	21,600	19,221	953	848
Всього дизельного палива		340,9	25,97	16,93	8854	5772
Мастило $\rho = 0,920 \text{ т/м}^3$						
ME SYS.O.STOR.TK(S)	29,5	13,8	15,600	18,625	215	257
ME SYS.O.SETT.TK(S)	29,5	17,5	18,000	18,625	315	326
NO.1 ME						
CYL.O.STOR.TK(S)	14,7	7,3	13,800	18,625	101	136
NO.2 ME						
CYL.O.STOR.TK(S)	14,7	7,4	12,600	18,625	93	138
GE LO SETT.TK(S)	3,0	1,3	11,500	17,600	15	23

Продовження табл. 4.2

1	2	3	4	5	6	7
GE LO STOR.TK(S)	4,5	2,1	11,500	17,600	24	37
Всього мастила		49,4	15,45	18,56	763	917
Вода $\rho = 1,000 \text{ т/м}^3$						
FW TK(P)	214,9	140,0	5,863	17,712	821	2480
FW TK(S)	214,9	139,7	5,863	17,712	819	2474
Всього води		279,7	5,86	17,71	1640	4954
Інші танки						
S/T CFW TK(C)	34,2	34,2	9,533	3,516	326	120
BILGE W.HOLD.TK	39,8	0,9	14,178	1,245	13	1
SLUDGE TK(P)	13,3	0,4	30,000	9,905	12	4
FO OVERFLOW TK(C)	31,5	0,7	33,561	1,316	23	1
Всього		36,2	10,33	3,51	374	127
ВСЬОГО ЗАПАСІВ:		1817,2	27,89	15,68	50678	28501

Розподіл вантажів представлено в табл. 4.3.

Таблиця 4.3 – Розподіл вантажу

Найменування приміщень	V, м ³	m, т	Плечі, м		Моменти, тм	
			x	z	M _x	M _z
1	2	3	4	5	6	7
NO.1 CARGO TANK(P)	8813,0	5358,3	175,94	11,95	942739	64032
NO.1 CARGO TANK(S)	8819,7	5362,4	175,94	11,95	943461	64081
NO.2 CARGO TANK(P)	10937,3	6649,9	137,32	11,61	913164	77205
NO.2 CARGO TANK(S)	10946,5	6655,5	137,32	11,61	913933	77270
NO.3 CARGO TANK(P)	11040,6	6712,7	97,00	11,61	651132	77934
NO.3 CARGO TANK(S)	11041,9	6713,5	97,00	11,61	651210	77944

Продовження табл. 4.3

1	2	3	4	5	6	7
NO.4 CARGO TANK(P)	10253,9	6234,4	57,72	11,90	359850	74189
NO.4 CARGO TANK(S)	10268,3	6243,1	57,72	11,90	360352	74293
ВСЬОГО ВАНТАЖУ	82121,2	49929,8	114,88	11,76	5735841	586948

Необхідно прийняти баласт для забезпечення посадки з невеликим диферентом на корму. Розподіл баласту представлено в табл. 4.4.

Таблиця 4.4 – Розподіл баласту

Найменування цистерн	Місткість, т	Маса т	Плечі, м		Моменти, тм	
			x	z	M _x	M _z
F.P.TK	1194,5	340,0	209,34	3,87	71176	1316
ВСЬОГО БАЛАСТУ:		340,0	209,34	3,87	71176	1316

На основі виконаних розподілів вантажу запасів і баласту складемо таблицю зведених даних і розрахунку водотоннажності на відхід з указівкою координат центру ваги судна (табл. 4.5) [1].

Таблиця 4.5 – Зведені дані і розрахунок водотоннажності на відхід

Найменування статей навантаження	Маса, т	Плечі, м		Моменти, тм	
		x	z	M _x	M _z
Судно порожнє	19217,0	96,90	12,50	1862127	240213
Константа	115,6	75,52	13,54	8730	1565
Суднові запаси	2336,4	28,82	15,42	67339	36033
Вантаж	49929,8	114,88	11,76	5735841	586948
Баласт	340,0	209,34	3,87	71176	1316
Всього водотоннажність	71938,8	107,66	12,04	7745213	866075

Зведені дані і розрахунок водотоннажності на прихід виконано в табл. 4.6.

Таблиця 4.6 – Зведені дані і розрахунок водотоннажності на прихід

Найменування статей навантаження	Маса, т	Плечі, м		Моменти, тм	
		x	z	M_x	M_z
Судно порожнє	19217,0	96,90	12,50	1862127	240213
Константа	115,6	75,52	13,54	8730	1565
Суднові запаси	1817,2	27,89	15,68	50678	28501
Вантаж	49929,8	114,88	11,76	5735841	586948
Баласт	340,0	209,34	3,87	71176	1316
Всього водотоннажність:	71419,6	108,21	12,02	7728552	858543

Схематично розподіл вантажу представлено на рис. 4.1.

4.2 Розрахунки посадки і початкової остійності

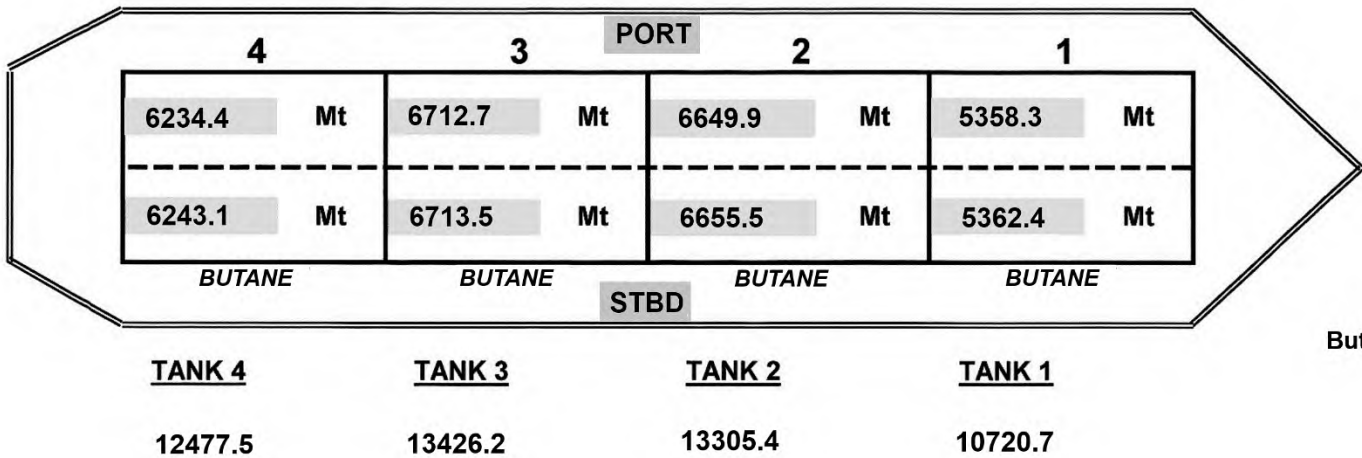
Розрахунок посадки судна на відхід та на прихід виконується з використанням вантажної шкали і гідростатичних кривих приведено в табл. 4.7 [23].

Таблиця 4.7 – Розрахунки посадки судна на відхід і на прихід

Найменування величин	Позначення та формули	Значення величин	
		Відхід	Прихід
1	2	3	4
Водотоннажність масова, т	D	71938,8	71419,6
Абсциса центра ваги судна, м	x_g	107,66	108,21
Водотоннажність об'ємна, м ³	$V = D / \rho$	71939	69678
Густина забортної води, т/м ³	ρ	1,000	1,025
Осадка судна, м	T	12,02	11,69

LPG PACIFIC RIZHAO

STOWAGE PLAN



TOTAL QUANTITY:
49929.8 Mt (Vac)
49497.0 Mt (Air)
82121.2 Cub. M

Draft: Summer
FWD 11.79 m
AFT 12.20 m

Butane: 49929.8 Mt (Vac)
49497.0 Mt (Air)
82121.2 Cub. M

PORT: Houston, USA

CHIEF OFFICER: Y. Korovkin

Рисунок 4.1 – Вантажний план судна

Продовження табл. 4.7

1	2	3	4
Момент диферентуючий на 1 см, тм/см	M_{cm}	994,2	981,7
Абсциса центра величини судна, м	x_c	108,23	108,54
Абсциса Ц.В. площі ватерлінії, м	x_f	98,65	99,08
Апліката поперечного метацентра, м	z_m	15,82	15,87
Коефіцієнт загальної повноти	δ	0,742	0,739
Диферент судна, м	$d = D(x_g - x_c) / (100M_{cm})$	-0,41	-0,24
Осадка судна носом, м	$T_H = T + (L/2 - x_f) d / L$	11,79	11,56
Осадка судна кормою, м	$T_K = T_H - d$	12,20	11,80

Визначення поправки на вплив вільної поверхні рідких вантажів (запасів і баласту) до метацентричної висоти і плечам статичної остійності виконано в табл. 4.8.

Таблиця 4.8 – Виправлення на вплив вільної поверхні рідких вантажів

Найменування цистерн	Δm_h , тм
1	2
ER LSHFO TK(C)	561
ER HFO TK(P)	700
ER HFO TK(S)	489
LSMGO STOR.TK(S)	76
FW TK(P)	367
FW TK(S)	367
BILGE W.HOLD.TK	50
F.P.TK	1090
NO.1 CARGO TANK(P)	1543
NO.1 CARGO TANK(S)	1543
NO.2 CARGO TANK(P)	1767

Продовження табл. 4.8

1	2
NO.2 CARGO TANK(S)	1767
NO.3 CARGO TANK(P)	1767
NO.3 CARGO TANK(S)	1767
NO.4 CARGO TANK(P)	1690
NO.4 CARGO TANK(S)	1690
Сума: $\Sigma \Delta m_h$	17234

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

Поправочні моменти Δm_h обираються з таблиці даних по суднових цистернах, що приводиться в Інформації [2].

Розрахунок параметрів початкової остійності виконаний у табл. 4.9.

Таблиця 4.9 – Розрахунок параметрів початкової остійності

Найменування величин	Позначення та формули	Значення величин	
		Відхід	Прихід
Водотоннажність масова, т	D	71938,8	71419,6
Невиправлена апліката центра ваги судна, м	z_{g0}	12,04	12,02
Апліката поперечного метacentра, м	z_m	15,82	15,87
Невиправлена метacentрична висота, м	$h_0 = z_m - z_{g0}$	3,78	3,85
Виправлення на вільні поверхні, м	$\Delta h = \Sigma \Delta m_h / D$	0,24	0,24
Виправлена апліката центра ваги судна, м	$z_g = z_{g0} + \Delta h$	12,28	12,26
Виправлена метacentрична висота, м	$h = h_0 - \Delta h$	3,54	3,61

Отримані результати застосовуються в подальших розрахунках.

4.3 Контроль остійності за матеріалами Інформації

Перевірку остійності за матеріалами Інформації виконаємо по критичній аплікаті центра ваги судна в табл. 4.10 [23].

Таблиця 4.10 – Перевірка остійності по критичній аплікаті центра ваги судна

Найменування величин	Позначення та формули	Значення величин	
		Відхід	Прихід
Водотоннажність масова, т	D	71938,8	71419,6
Виправлена апліката Ц.В. судна, м	z_g	12,28	12,26
Максимальна гранична апліката Ц.В., м	$z_g^{\max}$	15,906	16,016

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

4.4 Розрахунок і побудова діаграм остійності

Плечі статичної остійності розраховані з використанням таблиці плечей остійності форми. Плечі остійності форми l_ϕ вибираються по осадці для тих кутів крену, які приведені в таблиці. Ці плечі відлічуються від точки К, що відповідає кільовій лінії, то плечі остійності ваги необхідно розраховувати по формулі [23]:

$$l_g = z_g \sin \theta, \quad (4.1)$$

а виправлені плечі статичної остійності будуть рівні:

$$l = l_\phi - l_g. \quad (4.2)$$

Розрахунок плечей діаграми статичної остійності виконується в табличній формі. У таблиці також представлений розрахунок площ під

діаграмою статичної остійності до 30°, до 40° і від 30° до 40° з використанням коефіцієнтів Сімпсона за формулами:

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

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

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

Розрахунки на відхід виконані в табл. 4.11.

Таблиця 4.11 – Розрахунок плечей статичної остійності на відхід

Водотоннажність D, т							71938,8	
Апліката центра ваги судна z _{g0} , м							12,04	
Апліката умовного центра мас z _m , м (полюс – точка «O»)							0,00	
Виправлена апліката центра ваги судна, z _g = z _{g0} + Δh, м							12,28	
Δθ = 0,1745 ≈ 10°/57,3								
Кут крену θ°	Плече форми, l _φ , м	sin θ°	z _g ·sin θ°	Плече статичної остійності l= l _φ - z _g ·sin θ°, м	Множ- ник	Добу- ток	Множ- ник	Добуток
0	0,00	0,000	0,000	0,000	1	0,000	1	0,000
10	2,759	0,174	2,137	0,622	4	2,488	3	1,866
20	5,543	0,342	4,200	1,343	2	2,686	3	4,029
30	8,440	0,500	6,140	2,300	4	9,200	1	2,300
40	10,869	0,643	7,896	2,973	1	2,973	Σ ₃₀	8,195
50	12,301	0,766	9,406	2,895	Σ ₄₀	17,347	a ₀₋₃₀ = 0,536	
60	12,999	0,866	10,634	2,365	a ₀₋₄₀ = 1,009			
70	13,128	0,940	11,543	1,585	a ₃₀₋₄₀ = 1,009-0,536 = 0,473			

Розрахунок плечей статичної остійності на прихід виконані в табл. 4.12.

Таблиця 4.12 – Розрахунок плечей статичної остійності на прихід

Водотоннажність D, т							71419,6	
Апліката центра ваги судна z _{g0} , м							12,02	
Апліката умовного центра мас z _m , м (полюс – точка «O»)							0,00	
Виправлена апліката центра ваги судна, z _g = z _{g0} + Δh, м							12,26	
Δθ = 0,1745 ≈ 10°/57,3								
Кут крену θ°	Плеche форми, l _φ , м	sin θ°	z _g ·sin θ°	Плеche статичної остійності l= l _φ - z _g ·sin θ°, м	Множ-ник	Добу-ток	Множ-ник	Добуток
0	0,00	0,000	0,000	0,000	1	0,000	1	0,000
10	2,771	0,174	2,133	0,638	4	2,552	3	1,914
20	5,567	0,342	4,193	1,374	2	2,748	3	4,122
30	8,472	0,500	6,130	2,342	4	9,368	1	2,342
40	10,946	0,643	7,883	3,063	1	3,063	Σ ₃₀	8,378
50	12,385	0,766	9,391	2,994	Σ ₄₀	17,731	a ₀₋₃₀ = 0,548	
60	13,076	0,866	10,617	2,459	a ₀₋₄₀ = 1,031			
70	13,190	0,940	11,524	1,666	a ₃₀₋₄₀ = 1,031-0,548 = 0,483			

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

4.5 Розрахунки нормованих параметрів остійності

Рекомендовані критерії остійності неущкоджених суден Міжнародною Морською Організацією (ІМО) містяться в Adoption of the International Code on

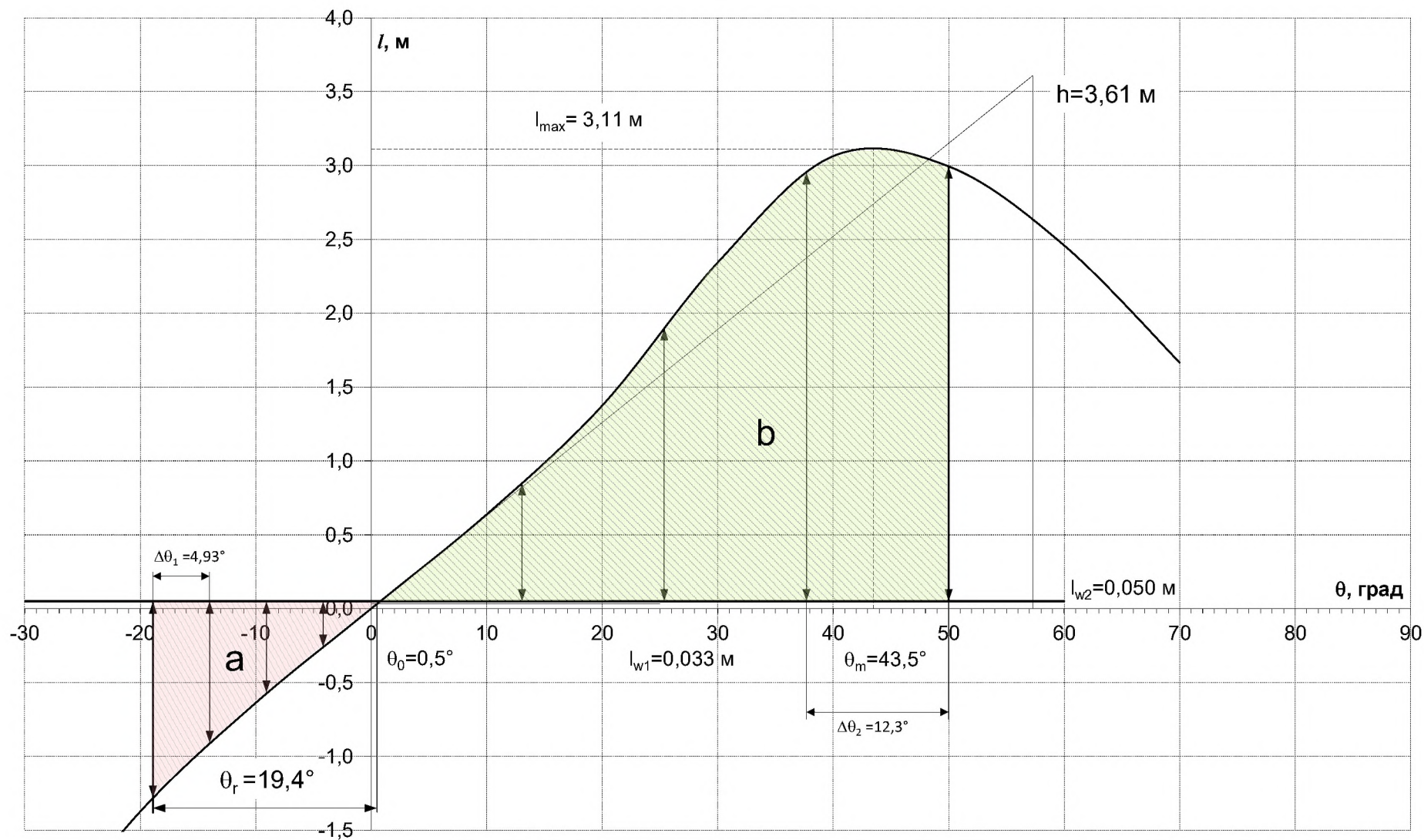


Рисунок 4.3 - Діаграма статичної остійності на прихід і визначення критерію погоди

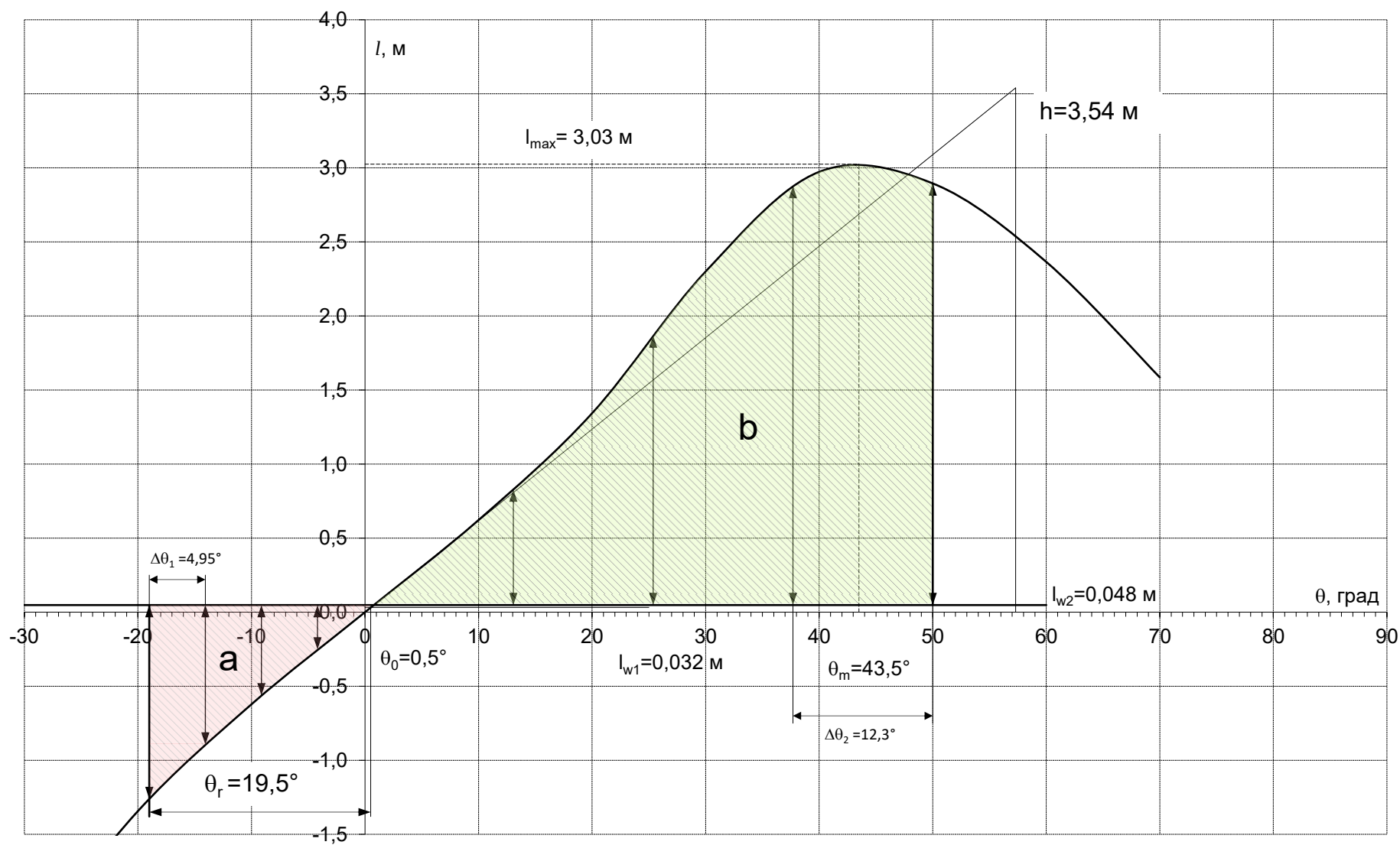


Рисунок 4.2 - Діаграма статичної остійності на відхід і визначення критерію погоди

Intact Stability, 2008 (2008 IS Code), Resolution MSC.267(85).

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

Розрахунок нормованих параметрів остійності виконаний у табл. 4.13.

Таблиця 4.13 – Розрахунок нормованих параметрів остійності

Найменування величин	Позначення та формули	Значення величин	
		Відхід	Прихід
1	2	3	4
Водотоннажність масова, т	D	71938,8	71419,6
Осадка судна, м	T	12,02	11,69
Виправлена метацентрична висота, м	h	3,54	3,61
Площа парусності, м ²	A _v	3111	3185
Апліката центра парусності (ЦП), м	z	8,35	8,49
Плече парусності при постійному вітрі, м	$z_v = z + T/2$	14,36	14,34
Плече кренувального моменту від тиску вітру, м	$l_{w1} = 0,504 A_v z_v / (g D)$	0,032	0,033
Кренувальне плече від пориву вітру, м	$l_{w2} = 1,5 l_{w1}$	0,048	0,050
Відносна площа скулових кілей, %	$100 A_k / (L B)$	0,625	
Коефіцієнт	k	0,988	
Відносна ширина	B/T	3,04	3,13
Безрозмірний множник	X ₁	0,892	0,874
Коефіцієнт загальної повноти	δ	0,742	0,739
Безрозмірний множник	X ₂	1,000	1,000
Інерційний коефіцієнт	$c = 0,373 + 0,023 B/T - 0,043 L/100$	0,349	0,351
Період хитавиці, с	$T_\theta = 2 c B / \sqrt{h}$	13,6	13,5
Коефіцієнт	S	0,0554	0,0560

Продовження табл. 4.13

1	2	3	4
Коефіцієнт	$r = 0,73 + 0,6 (z_g - T)/T$	0,743	0,759
Амплітуда хитамиці, °	$\theta_r = 0,9 k X_1 X_2 \sqrt{r S}$	19,5	19,4
Кут заливання, °	θ_f	73,5	75,3
Кут входу палуби у воду, °	$\theta_d = \arctg(2(H - T)/B)$	29,1	29,9
Кут крену від постійного вітру, °	θ_0	0,5	0,5
Кут крену при хитамиці назустріч вітру, °	$\theta_1 = \theta_r - \theta_0$	19,0	18,9
Границя площ.«b» діаграми праворуч, °	θ_b	50,0	50,0
Площа «a» діаграми, м-рад	a	0,216	0,219
Площа «b» діаграми, м-рад	b	1,500	1,539
Критерій погоди	$K = b / a$	6,94	7,03

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

Для розрахунку величини площі «a» і «b» використаємо правило Сімпсона. Для цього площі «a» і «b» діляться на чотири ділянки однакової довжини по куту крену. Розрахунок площ виконується в табличній формі аналогічно розрахунку площі a_{0-40} . При цьому, замість множника 0,1745, приймаємо довжини ділянок $\Delta\theta_1$ і $\Delta\theta_2$ у радіанах. На відхід виконано в табл. 4.14.

Таблиця 4.14 – Визначення площі «a» і «b» на відхід за правилом Сімпсона

$\Delta\theta_1 = (\theta_1 + 1,5\theta_0)/4 = (19,0 + 1,5 \cdot 0,5)/4 = 4,95^\circ$ $\Delta\theta_1^{\text{рад}} = 4,95^\circ/57,3 = 0,0864$ рад					
$\Delta\theta_2 = (\theta_b - 1,5\theta_0)/4 = (50 - 1,5 \cdot 0,5)/4 = 12,33^\circ$ $\Delta\theta_2^{\text{рад}} = 12,33^\circ/57,3 = 0,2151$ рад					
a_i	k_i	$a_i \cdot k_i$	b_i	k_i	$b_i \cdot k_i$
1	2	3	4	5	6
$a_1 = 1,31$	1	1,310	$b_1 = 0$	1	0

Продовження табл. 4.14

1	2	3	4	5	6
$a_2 = 0,942$	4	3,768	$b_2 = 0,780$	4	3,120
$a_3 = 0,610$	2	1,220	$b_3 = 1,820$	2	3,640
$a_4 = 0,300$	4	1,200	$b_4 = 2,830$	4	11,320
$a_5 = 0$	1	0	$b_5 = 2,847$	1	2,847
		$\Sigma_a = 7,498$			$\Sigma_b = 20,927$
$a = \frac{1}{3} \Sigma_a \cdot \Delta\theta_1^{\text{рад}} = \frac{1}{3} 7,498 \cdot 0,0864 = 0,216$			$b = \frac{1}{3} \Sigma_b \cdot \Delta\theta_2^{\text{рад}} = \frac{1}{3} 20,927 \cdot 0,2151 = 1,500$		

Розрахунки площ на прихід виконано в табл. 4.15.

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

$\Delta\theta_1 = (\theta_1 + 1,5\theta_0)/4 = (18,9 + 1,5 \cdot 0,5)/4 = 4,93^\circ$					
$\Delta\theta_2 = (\theta_b - 1,5\theta_0)/4 = (50 - 1,5 \cdot 0,5)/4 = 12,33^\circ$					
$\Delta\theta_1^{\text{рад}} = 4,93^\circ/57,3 = 0,0860$ рад					
$\Delta\theta_2^{\text{рад}} = 12,33^\circ/57,3 = 0,2151$ рад					
a_i	k_i	$a_i \cdot k_i$	b_i	k_i	$b_i \cdot k_i$
$a_1 = 1,330$	1	1,330	$b_1 = 0$	1	0
$a_2 = 0,960$	4	3,840	$b_2 = 0,800$	4	3,200
$a_3 = 0,620$	2	1,240	$b_3 = 1,850$	2	3,700
$a_4 = 0,310$	4	1,240	$b_4 = 2,905$	4	11,620
$a_5 = 0$	1	0	$b_5 = 2,944$	1	2,944
		$\Sigma_a = 7,650$			$\Sigma_b = 21,464$
$a = \frac{1}{3} \Sigma_a \cdot \Delta\theta_1^{\text{рад}} = \frac{1}{3} 7,650 \cdot 0,0860 = 0,219$			$b = \frac{1}{3} \Sigma_b \cdot \Delta\theta_2^{\text{рад}} = \frac{1}{3} 21,464 \cdot 0,2151 = 1,539$		

4.6 Перевірка виконання рекомендованих ІМО критеріїв остійності

Виконаємо перевірку остійності за вимогами ІМО порівнюючи розраховані значення с нормативними (табл. 4.16) [24].

Таблиця 4.16 – Перевірка виконання загальних вимог Кодексу ІМО

Найменування величин	Позна-чення	Значення величин			Викон. (ТАК/НІ)
		норма-тивне	відхід	прихід	
Загальні критерії					
Площа під ДСО до кута крену 30 ⁰ , м·рад	A ₃₀	≥ 0,055	0,536	0,548	ТАК
Площа під ДСО до кута крену 40 ⁰ , м·рад	A ₄₀	≥ 0,09	1,009	1,031	ТАК
Площа під ДСО між 30 ° і 40 °, м рад	A ₃₀₋₄₀	≥ 0,03	0,473	0,483	ТАК
Плече ДСО при куті крену 30° або більше, м	l ₃₀	≥ 0,20	2,300	2,342	ТАК
Кут крену, що відповідає максимуму ДСО, °	θ _m	≥ 25	43,5	43,5	ТАК
Виправлена метацентрична висота, м	h	> 0,15	3,54	3,61	ТАК
Критерій погоди	K	≥ 1	6,94	7,03	ТАК
Кут крену від постійного вітру, °	θ ₀	≤ 16	0,5	0,5	ТАК

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

4.7 Перевірка загальної подовжньої міцності корпусу

Перевірка загальної міцності повинна виконуватися відповідно до суднової Інструкції по завантаженню (або Інструкції з міцності судна) у формі

розрахункових таблиць, що рекомендуються нею, зазвичай по перерізуючим силам і згинальним моментам у декількох розрахункових поперечних перерізах судна.

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

Розрахунок міцності виконаємо використовуючи судову програму схвалену класифікаційним товариством. Перевірку виконаємо у дев'яти перерізах: на 12, 26, 47, 71, 95, 144, 193, 217 і 245 шпангоутах.

Результати розрахунку по судовій програмі перерізуючої сили (SF) і згинального моменту (BM) на відхід судна представлені в табл. 4.17 [23-24].

Таблиця 4.17 – Перевірка подовжньої міцності на відхід

Пере-різ	X, м	SF, т	SFsea, %	Доп.SF, т	BM, тм	BMsea,%	Доп.BM,тм
12	9,60	720	20,6	3500	3049	16,9	18000
26	20,80	278	7,9	3500	9674	19,3	50000
47	37,76	114	2,2	5300	13051	12,4	105000
71	57,44	659	16,9	3900	19921	11,4	175000
95	77,24	319	6,6	4800	34932	16,6	210000
144	117,56	-297	6,2	-4800	41797	19,9	210000
193	157,88	-728	12,3	-5900	25719	13,9	185000
217	177,68	-664	15,1	-4400	8774	8,4	105000
245	200,72	-152	2,9	-5300	340	1,0	35000

Максимальна перерізуюча сила 720 т (20,6%) на 12 шпангоуті.

Максимальний згинальний момент 41797 тм (19,9%) на 144 шпангоуті.

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

Протягом усього рейсу загальна поздовжня міцність забезпечена.

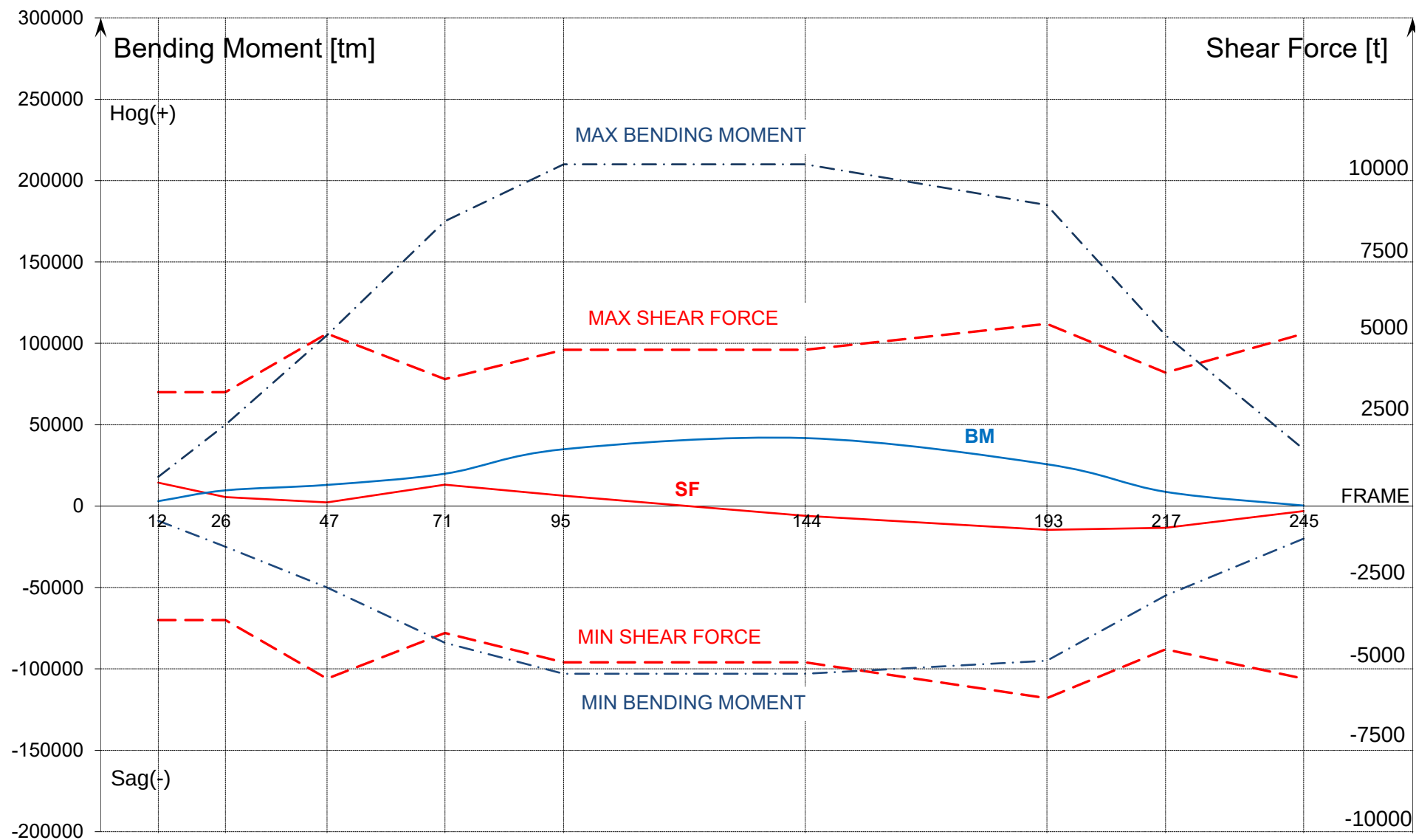


Рисунок 4.4 – Епюра перерізуючих сил та згинальних моментів на відхід

РОЗДІЛ 5

ЗАСТОСУВАННЯ ЗРІДЖЕНОГО ПРИРОДНОГО ГАЗУ ЯК ПАЛИВА У ЗАБЕЗПЕЧЕННІ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ СУДНОПЛАВСТВА

5.1 Історія використання зрідженого природного газу як палива для суднових енергетичних установок

Сьогодні паливо для суднових установок розглядається не тільки з позицій надійності роботи установок та економії, а й з урахуванням виконання вимог щодо екології. Цю складну задачу значною мірою можна вирішити, використовуючи газове паливо. Для розвитку транспортування газоподібних вуглеводнів у практиці судноплавства первинним має бути вивчення досвіду провідних компаній і вирішення завдання щодо кадрового забезпечення не тільки екіпажів суден, а й терміналів.

Питання паливо-використання завжди знаходяться в центрі уваги розробників суднової енергетики, а з впровадженням в індустрію судноплавства газозовів застосування газу в якості палива стало досить популярним. При транспортуванні природного газу в рідкому стані неминучим є утворення пари, утилізація якої може йти шляхом його реконденсації і повернення в вантаж або подачі до двигунів і котлів в якості палива (друге рішення більш економічно і екологічно виправдано). Переведення суднової енергетики на газ для суден, що не є газозовами, теж є практично вирішеним питанням.

Початок тенденції, пов'язаної з економією, з одного боку, і з появою на промисловому ринку великого обсягу природного газу – з іншого, відноситься до 80-х рр. XX ст. У стисненому до 5 - 7 бар стані він під назвою компримованого газу використовувався як паливо в чотиритактних дизелях поряд із запальним нафтовим паливом. У наш час світове дизелебудування в більшій його частині, включаючи і дизелебудівні заводи, що випускають потужні малооборотні крейцкопфні дизелі, відпрацьовують і поставляють на ринок конструкції для

роботи на подвійному паливі. Авангардною в цьому напрямку була і залишається компанія Wärtsilä, яка випустила вже сотні двопаливних двигунів.

Застосування природного газу для бункерування суден має досить давню історію [25]. Починаючи з 80-х рр. XX ст. в ряді країн світу здійснювалися окремі проекти з газифікації морських і річкових суден компримованим природним газом (КПГ). Першим з таких суден прийнято вважати каботажне вантажне судно Accolade II дедвейтом 8140 т, побудоване в Австралії в 1982 р. з газодизельною силовою установкою. У 1985 і 1988 рр. у Ванкувері (Канада) почали працювати пороми «Klatawa» і «Kulleet», що перевозили по 146 пасажирів і 26 автомобілів. Природний газ зберігався в п'ятдесяти сталевих балонах загальним обсягом місткістю 14,7 м³ під тиском 250 атм. Бункерівка поромів здійснювалася від міської розподільної мережі.

У Норфолку (Вірджинія, США) в 1995 р. почав працювати пором «Elisabeth River I», розрахований на перевезення 149 пасажирів, особливістю якого було те, що газодизельна силова установка приводила в дію кормовий колісний рушій. У Нідерландах перевели на КПГ річкові прогулянкові судна «Mondriaan» і «Escher» в 1994 р., а потім в 2000 р. – судна «Rembrandt» і «VanGogh». Починаючи з 90-х рр. XX ст. в Італії періодично демонструють швидкісні катери на КПГ.

5.2 Переваги використання зріджених природних газів

Морський транспорт є міжнародною галуззю, оскільки понад 80 відсотків світової торгівлі здійснюється судами. Незважаючи на те, що судноплавство є найефективнішим та найнадійнішим засобом міжнародних перевезень, воно викидає в атмосферу гази і частинки, найважливішими з яких є CO₂, NO_x і SO_x.

Тому для запобігання парникового ефекту з 2020 р. Міжнародна конвенція щодо запобігання забрудненню океану (МАРПОЛ) прийняла більш суворі правила щодо вмісту сірки в судовому паливі та оксидів азоту. Так, вміст сірки

(SO_x) в судновому паливі скорочено з 3,5% до 0,5%, а в зонах ЕСА (Балтійське і Північне моря, протока Ла-Манш, узбережжя Північної Америки і Карибське море) цей показник встановлений на рівні 0,1% (рис. 5.1) [26].

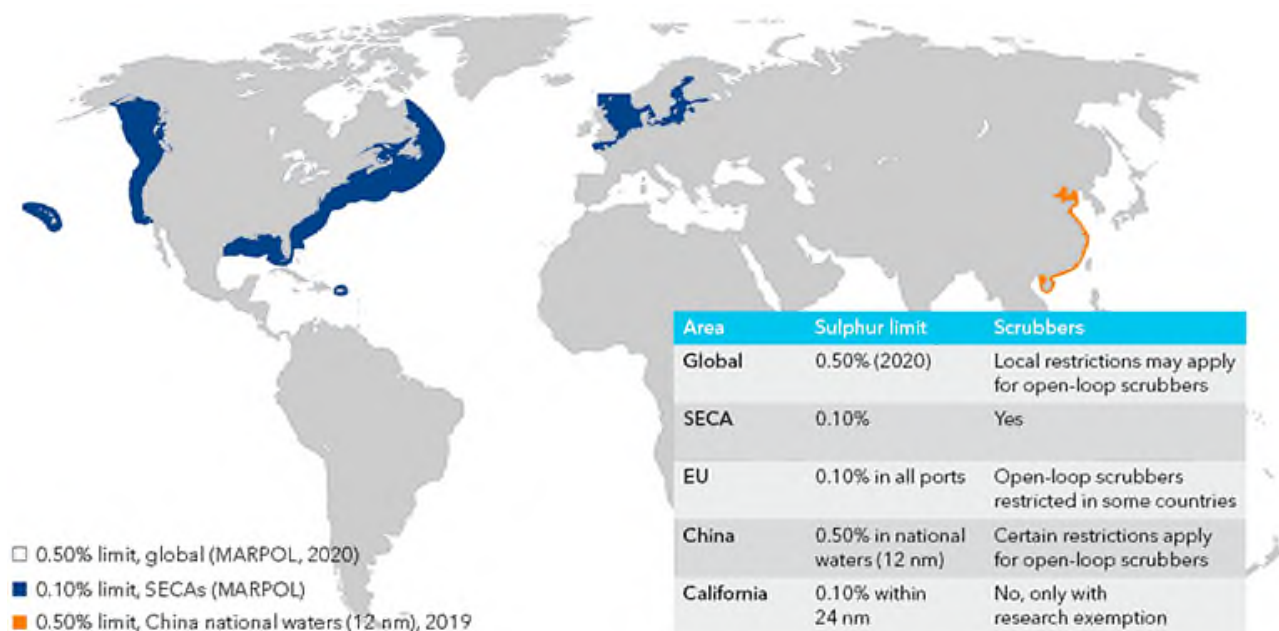


Рисунок 5.1 – Карта ЕСА-зон

Великі морські експертні організації, відзначають, що для виконання зазначених вимог морським перевізникам доведеться йти трьома шляхами:

- 1) використовувати затверджені еквівалентні методи, такі як системи очищення вихлопних газів або «скрубери», які «очищають» викиди до їх виходу в атмосферу);
- 2) використовувати паливо з низьким вмістом сірки;
- 3) використовувати ЗПГ як паливо.

В даний час однією з найважливіших проблем, що хвилюють людство, є пошук альтернативних енергоносіїв. Це пов'язано не тільки з наступаючим дефіцитом нафтової сировини, але і з екологічними проблемами, оскільки використання вуглеводневого палива в двигунах внутрішнього згорання супроводжується викидами в атмосферу величезної кількості шкідливих речовин.

5.2.1 Економія витрат на паливо

Витрати на ЗПГ включають виробництво, зрідження та логістику, а також витрати на бункерування, а отже, його вартість буде різною в різних районах [27]. Беручи до уваги нижчу теплотворну здатність палива, ціна на ЗПГ дешевша за HFO. Основним припущенням для сценарію ціни на паливо є постійне зростання цін за рахунок очікуваного зростання витрат на видобуток нафти і газу. Поточна ціна на паливо в 2020 році становить близько 7–8 доларів США / мм ВТУ для HFO і близько 2-3 доларів США / мм ВТУ для ЗПГ. Виходячи з типового навантаження для всіх дизельних двигунів при максимальній безперервній потужності 85% (MCR) і 8000 робочих годин на рік, витрати на економію палива оцінюються за різними рейтингами двигунів, а саме 5000, 10 000 і 15 000 кВт, і оцінки розкриті середні витрати на економію палива відповідно 1,32, 2,63 та 3,95 млн. дол. США на рік (рис. 5.2). Це еквівалентно річному зменшенню витрат приблизно на 31% на кожному двигуні.

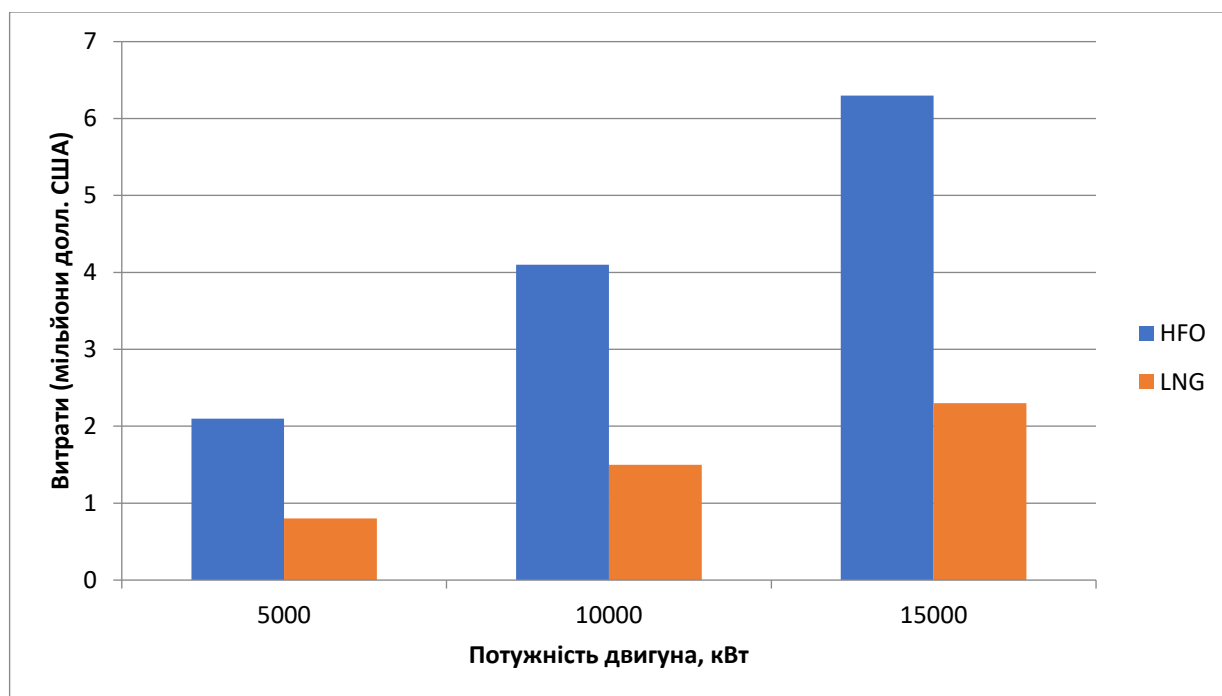


Рисунок 5.2 – Порівняння річних витрат між HFO та LNG для різних номінальних параметрів двигуна

При вивченні переваг переходу з HFO на судна, що працюють на ЗПГ, слід враховувати інші витрати, такі як інвестиції, витрати на встановлення та обслуговування. Згідно з попереднім дослідженням, проведеним компанією «Wartsila Company», метою якого було оцінити переваги переходу від двигуна, що працює на HFO (оснащений системою скрубера), до двигуна, що працює на ЗПГ, перші витрати на інвестиції в машини оцінювались як близько 14 дол.США / кВт як для двигунів, що працюють на HFO, так і для двигунів, що працюють на ЗПГ. Більше того, щорічні витрати на обладнання (включаючи річний капітал, мастило, мастило, обслуговування, експлуатаційні витрати на скрубер та SCR) становили 2600 та 2100 дол. / кВт для двигунів, що працюють на HFO та LNG, відповідно. Це показує, що перехід від HFO до LNG призведе до додаткової економії від річних витрат на обладнання приблизно на 500 дол.США / кВт. Крім того, збільшення часу плавання в ЕКА, де потрібне високоякісне паливо, додасть більше економічних вигод ЗПГ, ніж двигунам, що працюють на HFO, де застосовуються більш суворі норми регулювання.

5.2.2 Екологічні переваги

Метод інвентаризації Агентства з охорони навколишнього середовища, який використовується для оцінки кількості викидів суден, тим самим включає визначення вхідних параметрів, що стосуються типу судна, типу споживаного палива та режиму експлуатації. Замінивши середні коефіцієнти викидів SO_x, NO_x, CO₂ і РМ як для HFO, так і для LNG, для двотактних дизельних двигунів з однаковою потужністю та робочими годинами можна оцінити екологічні переваги внаслідок переходу з HFO на ЗПГ (у випадку двопаливного двигуна). На рис. 5.3 наведено результати цієї оцінки. З цих результатів видно, що перехід від HFO до СПГ призвів до зменшення викидів SO_x, NO_x, CO₂ та РМ приблизно на 98%, 86%, 11% та 96% відповідно [28].

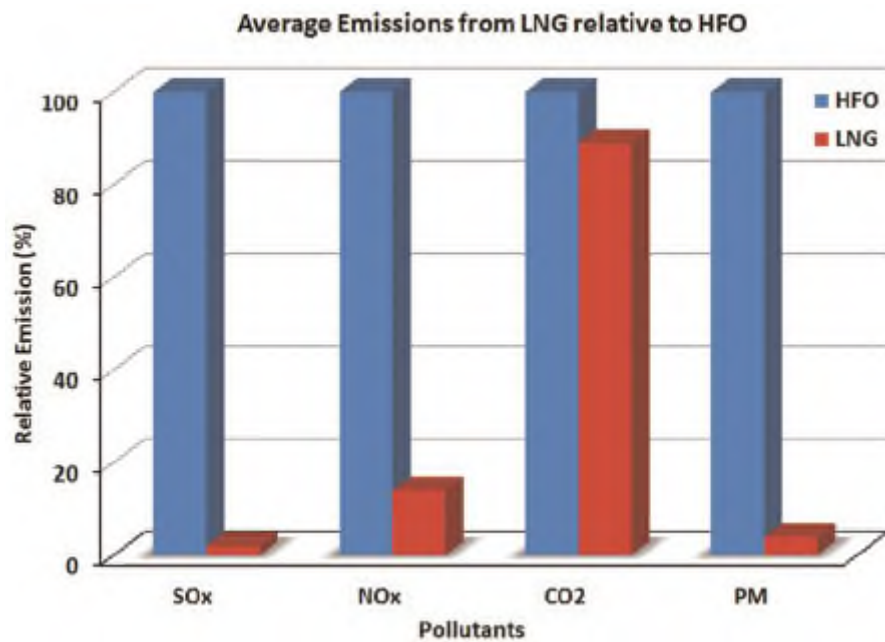


Рисунок 5.3 – Відносні викиди забруднювачів для LNG та HFO

З точки зору життєвого циклу викидів, LNG дає менший потенціал підкислення та евтрофікації порівняно з HFO. На відміну від цього, використання СПГ не зменшує потенціал глобального потепління (ПГП) більш ніж на 8% –20%, причому величина залежить головним чином від величини викиду метану з газового двигуна. Невеликі витoki CH₄ можуть скасувати благотворний вплив на ПГП від зменшення викидів CO₂ із СПГ. Ковзання метану під час горіння є непевним і були виявлені різні коефіцієнти викидів. Крім того, ще одним аспектом є те, що вислизання метану з двигуна є технічною проблемою, яка може бути зменшена за допомогою каталітичного перетворювача.

5.2.3 Переобладнання двигунів

Висока вартість переробки або заміни судна є проблемою для довгострокової віддачі від економії палива. Переробка СПГ може коштувати до 7 мільйонів доларів для середнього буксиру, майже 11 мільйонів доларів для переробки великого ро-ро / пасажирського порому та до 24 мільйонів доларів для

конвертування великого озерного балкеру. Більшість (приблизно 80% –85%) конверсії або додаткових витрат нового судна, як правило, надходить від встановлення резервуарів для зберігання ЗПГ та відповідних систем безпеки, а решта пов'язана з переробкою двигунів судна. За умови окупності конверсії, як правило, понад 10 років, не всі оператори бажають або можуть взяти такі довгострокові інвестиції [29-30].

Перехід дизельних двигунів з дизельного на газовий вимагатиме певних змін. Ці зміни включають наступне: модифікація основних двигунів, системи подачі природного газу, подавальних трубопроводів і клапанів, блоків виявлення газу та сигналізації та системи витяжної вентиляції, зокрема.

З іншого боку, крім економічної вигоди від економії витрат на паливо за рахунок використання ЗПГ замість морського дизельного палива (MDO), витрати на технічне обслуговування також розглядаються як дуже важливий аспект, що впливає на економічну оцінку. Середній час між технічним обслуговуванням двигунів, що працюють на природному газі, можна збільшити втричі в чотири рази порівняно з дизельними двигунами. Це означає, що загальна тривалість роботи двигунів, що працюють на природному газі, буде принаймні втричі більша за тривалість роботи двигунів, що працюють на дизельному паливі. Для інших видів технічного обслуговування, що включають регулярне технічне обслуговування, споживання мастила та споживання запасних частин, очікується зменшення витрат у разі використання природного газу приблизно на 50% від початкової вартості. Технічно процес перетворення з MDO на двопаливні двигуни на природному газі призводить до того, що двигун діє за принципом Отто. Поки паливо змішується з повітрям до початку стиснення, достатньо тиску газу близько 5 бар. Поруч із мертвою точкою вводиться дуже мала кількість MDO для того, щоб викликати займання. За умови встановлення адекватної системи газопостачання двигуни з подвійним паливом можуть приймати всі якості, що спостерігаються у судноплавстві ЗПГ. На додаток до роботи на газі, подвійні паливні двигуни можуть працювати на MDO. У цьому випадку подвійний паливний двигун діє як звичайний дизельний двигун [31].

5.3 Бункерування зрідженим природнім газом судно

При збільшенні масштабів використання газу на судах найбільш проблемними стають питання організації бункерування [32]. Насамперед це ємності зберігання газу на судах і бункерувальних терміналах. Сьогодні вже існують і використовуються системи зберігання ЗПГ в танках спеціальної конструкції, що продумано вписуються в обводи судна без негативного впливу на його місткість. Найчастіше застосовуються контейнери-цистерни.

Широкому застосуванню газу як палива на морських судах перешкоджає нерозвиненість інфраструктури з бункерування суден газовим паливом. Особливо важливо це для судів з короткими переходами. Ідеальним варіантом може бути лінійне судноплавство з базами бункерівки в кінцевих портах. Така практика зараз реалізується в поромному судноплавстві. Однак основна частина морських і річкових суден потребує забезпечення газовим паливом з використанням мобільних бункерувальних баз. Тому виникла об'єктивна потреба в судах-бункерівниках ЗПГ. Крім того, внаслідок зростання споживання і популярності ЗПГ з'явилася потреба у фідерних перевезеннях відносно невеликих (за мірками ринку) партій скрапленого газу на судах, здатних цілорічно виконувати переходи між місцевими портами в межах Європи.

Фінська компанія Skangas здійснила першу в світі бункерівку ЗПГ методом «судно-судно» у вересні 2016 р. Компанія – постачальник скрапленого газу назвала цю подію початком нової ери у використанні ЗПГ-палива при міжнародних морських перевезеннях. У ньому брали участь танкер MT Ternsund, що застосовує ЗПГ як паливо, і малий танкер-газовоз Coral Energy, який належить судновласнику Ентоні Ведеру і зафрахтований компанією Skangas. Операція проводилася на вході в порт Гетеборг, Швеція [33].

Інфраструктура для бункерування суден, що використовують ЗПГ, історично найбільш розвинена в Норвегії. Бункерувальні термінали ЗПГ планується відкрити в Швеції, Фінляндії, Німеччині, Голландії, Бельгії, Великобританії, а також на Середземному морі – у Франції, Іспанії та Греції.

Поза Європою бункерування СПГ здійснюється в США, Китаї, Сінгапурі, Південній Кореї.

Питання безпеки одночасних вантажних операцій та інших видів діяльності на причалі або на стоянці під час бункерування також впливають на те, як буде здійснюватися поставка бункера ЗПГ: з берега або з судна-бункерівника, яке пришвартоване до судна, що знаходиться біля причалу або на якірній стоянці.

У разі використання стаціонарних споруд забезпечується під'єднання бункерувальної лінії судна безпосередньо до трубопроводів на причалі. При цьому ЗПГ зберігається в резервуарі, розташованому в порту або поблизу від нього.

Автомобільні цистерни дозволяють бункерувати судно з причалу, не обладнаного ЗПГ-терміналом. Автоцистерна на причалі приєднується до судна шлангами. Альтернативний варіант – використання стандартних танк-контейнерів (ТК) замість паливних танків судна. Після витрачання палива танк-контейнери замінюються на заправлені. Вони доставляються на судно автомобільним або залізничним транспортом, а порожні ТК повертаються для заправки. Така процедура може скоротити загальну тривалість бункерування.

Перевага використання судна-бункерувальника, пришвартованого до борту приймаючого судна, яке знаходиться в порту або на якірній стоянці, полягає в ізоляції бункерних операцій від вантажних причалів, що знижує їх вплив на вантажні операції в порту і зменшує наслідки можливих аварій, пов'язаних з використанням ЗПГ. Типове судно-бункерувальник ЗПГ охоплює більший район постачання паливом, ніж баржа-бункерувальник, і має більшу місткість. Конструкції суден-бункерувальників і правила їх експлуатації повинні відповідати вимогам міжнародних кодексів.

Говорячи про інфраструктуру бункерівки, треба мати на увазі, що в деяких випадках виявляються раціональними більш прості варіанти. Існуючі технології бункерування ЗПГ в основному зводяться до застосування автомобільних цистерн. Ця технологія давно відпрацьована, дозволяє приймати оптимальні

логістичні рішення, забезпечує заправку судна необхідною кількістю скрапленого метану в потрібний час і в зручному для клієнта місці. Крім того, ця ж заправна техніка може використовуватися в інтересах автомобільного транспорту та об'єктів автономної газифікації [34].

Автомобільні метановози дозволяють максимально адаптувати експлуатацію не тільки до потреб споживача, а й до потреб постачальника. В очікуванні наступної бункерівки автомобіль може доставляти ЗПГ іншим споживачам. Для цього використовуються пересувні кріозаправники. При бункеруванні суден з автоцистерн немає необхідності будувати спеціальні термінали (причали). Достатньо мати задовільний за навантаженнями і габаритами причальний пірс.

Баржі-бункерувальники починають застосовуватися в різних портах світу, проте вони жорстко прив'язані до району експлуатації та споживачів. Бункерувальні судна, що характеризуються певною автономністю, все-таки орієнтовані на обмежену кількість споживачів.

Створюються і нові перспективні системи [35]. Компанія Crowley Maritime Corp. – дочірнє товариство корпорації Jensen Maritime (США) оголосила про розробку двох нових концепцій барж для бункерування ЗПГ. У першому випадку на замовлення споживача на палубі існуючої баржі тимчасово встановлюються модулі з ємностями для ЗПГ і (при необхідності) інших рідких вуглеводнів. Такий варіант цікавий для споживачів з нетривалим періодом використання ЗПГ. У другому випадку мова йде про будівництво спеціальної бункерувальної баржі, обсяг газу на борту якої може визначатися на основі потреб конкретного покупця палива.

Судноплавні компанії поки не визначили своїх уподобань щодо схеми бункерування: з барж стаціонарного берегового пункту або автоцистерн. Досвід свідчить, що баржі-бункерівники найбільш зручні для доставки ЗПГ, особливо в тих портах, де не розвинена інфраструктура ЗПГ. Водночас інші варіанти мають свої переваги.

Технологічні рішення компанії Crowley Maritime Corp. припускають впровадження нових бізнес-моделей більш комфортної та економічної бункеровки суден скрапленим метаном. Компанія надає широкий спектр технологічних послуг в області транспортування і заправки ЗПГ не тільки баржами, але і автоцистернами в США, на Алясці і в країнах Карибського басейну.

У напрямку розвитку бункерівочних баз у морській індустрії створюються спеціалізовані термінали. Наприклад, Фонд об'єднання Європи виділив балтійським паливним підприємствам на чолі з литовською Klaipėdos Nafta 15 млн євро субсидії на будівництво мобільного терміналу ЗПГ і розвиток мережі бункерування в Балтійському морі. При реалізації проекту має бути побудовано невелике ЗПГ-судно, яке обслуговуватиме країни Балтійського моря на базі терміналу в Клайпеді. Передбачається, що мобільний пристрій міг би обслуговувати судна в Литві, Швеції, Естонії та Німеччині. Партнери проекту – Litgas і Blue LNG. У 2014 р. в Клайпеді прийшло судно - сховище ЗПГ, яке буде частиною нового терміналу.

З липня 2016 р. почав роботу термінал Scangas (дочірня компанія Gasum) в м. Порі (Фінляндія). Основне призначення терміналу - забезпечення фінського енергетичного ринку трубопроводами. Однак передбачається, що крім поставок промисловим споживачам судна ЗПГ-бункерівників будуть заправлятися на терміналі або на рейді методом «судно – судно».

В рамках розглянутої теми представляє інтерес створення міжнародного товариства для просування газу в якості суднового палива. Рада директорів Міжнародного товариства операторів газовозів і терміналів прийняла рішення створити товариство, що просуває газ в якості суднового палива (SGMF), у формі неурядової організації. Це важливий крок вперед у справі зміцнення безпеки та отримання досвіду в галузі використання ЗПГ як суднового палива. Членство в SGMF доступне для всіх зацікавлених сторін, що беруть участь у бункеруваннях ЗПГ, тобто судновласників, операторів бункерних суден, портових адміністрацій і регулюючих органів.

При розгляді питання про бункерування ЗПГ-суден доводиться враховувати ряд аспектів, пов'язаних з підвищеною небезпекою ЗПГ і його парів. Зокрема, необхідно передбачати значні за площею зони відчуження, що в багатьох випадках робить розміщення стаціонарного бункерувального терміналу ЗПГ неможливим або проблематичним, особливо в умовах активної господарської діяльності на території порту. При використанні судна-бункерівника переважно, щоб зоною відчуження була акваторія. Бункерувальник не обов'язково повинен бути самохідним: у ряді випадків достатньо, щоб він постійно перебував у заданій точці акваторії (наприклад, стояв на якорі), бункероване судно може підійти до нього.

Використання бункерівників ЗПГ, на відміну від аналогічних за призначенням бункерівників рідким нафтовим паливом, виявляє серйозну проблему, визначену, з одного боку, практикою роботи судна-бункерівника, а з іншого – властивостями ЗПГ як вантажу. Зараз кількість двопаливних суден вкрай невелика в порівнянні з кількістю суден, що працюють на традиційних сортах рідкого палива, і ймовірність появи потребують бункерування двопаливних суден в акваторії, що обслуговується бункерівником ЗПГ, досить невелика. Іншими словами, бункерувальник ЗПГ може чекати зустрічі з газопаливним судном, що потребує його, дуже довго.

При атмосферному тиску ЗПГ кипить при температурі -163°C , тому навіть застосування найефективніших видів теплоізоляції не дозволяє забезпечити його тривалого зберігання без утворення випару. В результаті утворення випару підвищується тиск в ємності, де зберігається ЗПГ. Основні типи застосовуваних для зберігання ЗПГ ємностей не розраховані на надлишковий тиск понад 0,25 бар, і випар доводиться відводити для підтримки прийняттого тиску. При цьому скидати його в атмосферу небезпечно, оскільки утворюється хмара потенційно вибухонебезпечної газоповітряної суміші. Випар або спалюють у факельних установках, або використовують як паливо в судновій енергоустановці бункерувальника ЗПГ (як і на газовозах ЗПГ), або повторно зріджують у наявній на борту реконденсацийній установці.

Представляється привабливою така схема роботи бункерівника ЗПГ, при якій ЗПГ не зберігається на борту судна в очікуванні використання, а приймається на борт безпосередньо перед майбутньою бункерівкою після отримання попередньої заявки на виконання такої операції. Однак для цього потрібно прийняти ЗПГ на борт бункерівника або з берегової бункерувальної бази, або з терміналу ЗПГ (що обслуговує лінійні газовози ЗПГ), або безпосередньо з лінійного газовоза ЗПГ, або з авто- або залізничних цистерн. При проведенні таких операцій виникають складності різного рівня. Крім того, будь-яке перевантаження ЗПГ супроводжується втратами частини газу, обсяг яких збільшується зі зростанням числа перевантажувальних операцій.

Таким чином, для економії рідкого палива на судах впроваджуються технології щодо зменшення витрати палива. Єдиний новий вид палива, застосування якого істотно впливає на екологічні показники судових двигунів, - природний газ. Промисловість виробляє всі елементи, необхідні для переходу на газове паливо на судах невеликого водотоннажності: двигуни, що працюють на газовому паливі, кріогенні ємності для зберігання ЗПГ, прилади-газоаналізатори. Все вироблене обладнання схвалено класифікаційними товариствами. При виникненні економічної доцільності використання газу займе своє місце на судах. Головною перешкодою на шляху застосування природного газу на морських судах стає нерозвиненість інфраструктури з бункерування суден ЗПГ.

На початку 2019 року по всьому світу було всього шість бункеровочних суден. Станом на лютий 2020 року функціонують 12, ще 27 на замовлення.

DNV+GL прогнозує на 2050 рік, що ЗПГ становитиме 41% портфеля морського палива. Однак, щоб галузь могла досягти цільових показників ІМО щодо вуглецю на 2050 рік, існує потреба в впровадженні технологій з нульовим викидом. Очікується, що альтернативні види палива, такі як водень та аміак, відіграватимуть більш помітну роль у декарбонізації галузі.

5.4 Основні висновки

Було вивчено та детально описано екологічну ситуацію, в якій бере участь судноплавна галузь, подолані проблеми для впровадження ЗПГ як морського палива, потенціал суден, що працюють на ЗПГ, і нарешті, майбутні норми щодо забруднення атмосферного повітря та технічні рішення, пропоновані для їх дотримання.

Загалом, остаточні висновки, досягнуті у цій роботі щодо впровадження ЗПГ як морського палива, пояснюються наступним чином:

1. Морський транспорт стикається з тривожною ситуацією з точки зору забруднення повітря через високі рівні викидів із суден, що провокує глобальне потепління атмосфери, погіршення стану навколишнього середовища, щільне забруднення повітря в містах, розташованих поруч із важливими гаванями, та серйозні проблеми зі здоров'ям.

2. Завдяки прогнозованому зростанню світової морської торгівлі, спричиненому зростаючим світовим населенням, очікується, що викиди від судноплавства ще більше збільшаться, підкреслюючи необхідність розробки вичерпної системи регулювання, яка зменшить викиди з суден.

3. ІМО разом з іншими європейськими організаціями прийняли правила, спрямовані на зменшення викидів суден. Ці правила зменшили викиди CO₂ приблизно на 20-30%, NO_x на 80% та викиди SO_x та ТМ на 95-98%.

4. ЗПГ як морське паливо відповідає чинним нормам щодо забруднення повітря, використовується на борту суден протягом декількох десятиліть і має нижчу ціну порівняно з іншими морськими видами палива. Тим не менше, обмежена доступність засобів для бункерування ЗПГ, розподілених по районах з високою транспортною активністю, та невизначеність ціни на ЗПГ у майбутньому є основними недоліками для використання ЗПГ як суднового палива.

5. Сьогодні використання ЗПГ як морського палива є технологічно можливим рішенням; оскільки виробники спроектували та розробили широкий

спектр двигунів, що працюють на ЗПГ (газові двигуни з низьким рівнем спалення та двигуни DF), вакуумні ізоляційні баки типу C та системи газопостачання.

Можно остаточно сказати, що ЗПГ як морське паливо є привабливим, потенційним і технічно здійсненним рішенням для новозбудованих суден дотримуватися норм щодо попередження забруднення повітря. На сьогодні технології, що застосовуються на борту суден, не можуть помітно зменшити викиди CO₂ від своїх двигунів внутрішнього згорання, що можливо лише шляхом заміни двигунів внутрішнього згорання на альтернативне рушійне джерело енергії, яке не виділяє CO₂. Незважаючи на те, що прототипи проектів частково рухаються за допомогою енергії вітру або сонця, наразі не існує надійного рішення для переміщення торгових суден екологічно безпечно, а отже, значно зменшити викиди CO₂.

РОЗДІЛ 6

РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ СУДНА В РЕЙСІ

6.1 Загальна частина та рейсове завдання

Кожен рейс характеризується з кількісної та якісної сторони. Кількість працюючого тоннажу, обсяги перевезень, витрати часу, матеріальних і грошових ресурсів характеризуються абсолютними величинами. Кожен показник відображає якусь суттєву сторону транспортного процесу. У сукупності ці величини тісно пов'язані між собою і представляють єдину систему експлуатаційних, економічних і валютно-фінансових показників роботи судна, і загалом флоту.

Вихідні дані для рейсу т/х «Pacific Rizhao» з порту Х'юстон в порт Суапе зведені в табл. 6.1 [1, 36].

Таблиця 6.1 – Початкові дані для розрахунку рейсу

№	Найменування показників	Умовні позначення	Од. вимір.	Значення
1	2	3	4	5
1	Дедвейт т/х «Pacific Rizhao»	Dw	т	54494
2	Запаси на початок рейсу	G _p	т	2336,4
3	Відстань між портами	L	милі	4462,5
4	Кількість завантаженого вантажу	Q	т	49929,8
5	Фрахтова ставка за 1 контейнер	f	дол.США/т	32
6	Норми завантаження вантажу	M _{зав}	т/добу	30000
7	Норми розвантаження вантажу	M _{розв}	т/добу	27000
8	Експлуатаційна швидкість	V _{екс}	вузл	13,0
9	Швидкість в каналах, в вузкостях або додатковий час	V _{кан}	вузл	8

Продовження табл. 6.1

1	2	3	4	5
10	Добова витрата палива на ходу: важке легке	$q_{хв};$ $q_{хл}$	т/добу т/добу	28,6 2
11	Добова витрата палива на стоянці: важке легке	$q_{ств}$ $q_{стл}$	т/добу т/добу	0 2,2
12	Вартість 1 т палива: важке легке	B_v B_l	дол.США/т дол.США/т	470 620
13	Балансова вартість судна	$C_{бал}$	дол.США	14500000
14	Річна норма амортизації	$H_{ам}$	%	10
15	Час поза експлуатацією судна	$T_{пе}$	діб	10
16	Чисельність екіпажу	$\check{C}_{ек.}$	чол.	24
17	Час затримки в дорозі	$t_{затр}$	год.	4,8
18	Додатковий час в портах	$t_{дод}$	діб.	0,5
19	Заробітна плата екіпажу	$R_{зп}$	дол.США/добу	6200
20	Витрати на технічне постачання	$R_{тс.}$	дол.США/добу	210
21	Навігаційні витрати	$R_{нав}$	дол.США/добу	150
22	Портові збори	$R_{пор}$	дол.США	11000
23	Агентування суден	$R_{аг.}$	дол.США/добу	180
24	Витрати на страхування суден	$R_{стр}$	дол.США/добу	220
25	Вартість на ремонт	$C_{рем}$	дол.США/мр.п.	500000
26	Вартість одного докування	$C_{док}$	дол.США	50000
27	Коефіцієнт на адміністративно-управлінський апарат	$k_{ад}$	%	2

6.2 Методика розрахунку кількісних експлуатаційно-економічних показників роботи судна в рейсі

1. Розраховуємо чисту вантажопідйомність судна:

$$D_{\text{ч}} = D_{\text{w}} - G_{\text{зап.}}, \quad (6.1)$$

$$D_{\text{ч}} = 54494 - 2336,4 = 52157,6 \text{ т.}$$

2. Розраховуємо експлуатаційний період роботи судна

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

$$T_{\text{е}} = 365 - 10 = 355 \text{ діб.}$$

3. Розраховуємо час рейсу

а) ходовий час:

$$t_{\text{х}} = \frac{L - l_{\text{вук}}}{V_{\text{екс}} \cdot 24} + t_{\text{затр}}, \quad (6.3)$$

$$t_{\text{х}} = (4462,5 / 24 \cdot 13,0) + 0,20 = 14,5 \text{ діб.}$$

б) стоянковий час:

$$t_{\text{ст}} = t_{\text{ст}}^n + t_{\text{ст}}^{\text{е}} = \left(\frac{Q_1}{M_{\text{н1}}} \right) + \left(\frac{Q_1}{M_{\text{Б1}}} \right) + t_{\text{дод}}, \quad (6.4)$$

$$t_{\text{ст}} = (49929,8 / 30000 + 49929,81 / 27000) + 0,5 = 4,0 \text{ діб.}$$

в) час рейсу складе:

$$t_{\text{р}} = t_{\text{х}} + t_{\text{ст.}}, \quad (6.5)$$

$$t_{\text{р}} = 14,5 + 4,0 = 18,5 \text{ діб.}$$

4. Розрахуємо провізну спроможність судна

$$\Sigma QL = 49929,8 \cdot 4462,5 = 222811732,5 \text{ тонно-миль/рейс,}$$

$$\Sigma D_{\text{ч}}L = 52157,6 \cdot 4462,5 = 232753290 \text{ тонно-миль / рейс.}$$

5. Розрахуємо доходи судна за рейс

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

$$\Sigma F_{\text{рейс}} = 49929,8 \cdot 32 = 1597753,6 \text{ дол.США/рейс.}$$

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

1) Постійні експлуатаційні витрати судна

а) Витрати на харчування екіпажу:

$$R_{\text{харч}} = \check{C}_{\text{ек}} \cdot R_{\text{діб}} \cdot t_p, \quad (6.7)$$

$$\Sigma R_{\text{харч},p} = 24 \cdot 15 = 360,0 \text{ дол.США /добу.}$$

б) Витрати на ремонт:

$$\Sigma R_{\text{рем}}^{\text{діб}} = \frac{(n_{\text{док}} \cdot C_{\text{док}} + C_{\text{рем}}) / t_{\text{мп}}}{T_{\text{екс}}}, \quad (6.8)$$

$$\Sigma R_{\text{рем},c} = ((500000 + 150) / 5 \cdot 355) = 281,8 \text{ дол.США/добу.}$$

в) Витрати на амортизацію:

$$\Sigma R_{\text{ам}} = \frac{C_{\text{бал}} \cdot H_{\text{ам}}}{T_{\text{ек}} \cdot 100}, \quad (6.9)$$

$$\Sigma R_{\text{ам},p} = ((14500000 \cdot 0,1) / (355 \cdot 100)) = 4084,5 \text{ дол.США /добу.}$$

г) Витрати на загально суднове постачання:

$$\Sigma R_{\text{сн}} = \frac{C_{\text{бал}} \cdot H_{\text{сн}}}{T_{\text{ек}} \cdot 100}, \quad (6.10)$$

$$\Sigma R_{\text{сн},p} = ((14500000 \cdot 0,02) / (355 \cdot 100)) = 816,9 \text{ дол.США /добу.}$$

г) Постійні експлуатаційні витрати за добу:

$$R_{\text{екс}} = R_{\text{зп}} + R_{\text{харч}} + R_{\text{ам}} + R_{\text{сн}} + R_{\text{рем}} + R_{\text{тсн}} + R_{\text{нав}} + R_{\text{пор}} / t_p + R_{\text{аг}} + R_{\text{стр.}}, \quad (6.11)$$

$$\Sigma R_{\text{екс}} = 6200 + 360 + 4084,5 + 816,9 + 281,8 + 210 + 150 + 594,1 + 180 + 220 = 13097,2 \text{ дол.США /добу.}$$

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

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

$$R_{\text{непр}} = 13097,2 \cdot 0,02 = 261,9 \text{ дол.США/добу.}$$

3) Знаходимо загальні постійні експлуатаційні витрати судна за добу:

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

$$R_{\text{заг}} = 13097,2 + 261,9 = 13359,2 \text{ дол.США/добу.}$$

4) Знаходимо загальні постійні експлуатаційні витрати судна за рейс:

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

$$\Sigma R_{\text{заг.екс.}} = 13359,2 \cdot 18,5 = 247365 \text{ дол.США/рейс.}$$

5) Розраховуємо змінні витрати судна за добу і за рейс:

а) витрати на паливо і мастильні матеріали на ходу і на стоянці за добу експлуатації:

$$R_{\text{х.тяж.}} = k_{\text{см}} \cdot q_{\text{х}} \cdot B_{\text{т}} = 1,00 \cdot 28,6 \cdot 470 = 13442 \text{ дол.США/добу};$$

$$R_{\text{ст.тяж.}} = k_{\text{см}} \cdot q_{\text{ст}} \cdot B_{\text{т}} = 1,00 \cdot 4,2 \cdot 620 = 2604 \text{ дол.США/добу.}$$

б) Розраховуємо змінні витрати за рейс:

$$\Sigma R_{\text{змін}} = (R_{\text{х.тяж.}} \cdot t_{\text{х}}) + (R_{\text{ст.тяж.}} \cdot t_{\text{ст}}), \quad (6.15)$$

$$\Sigma R_{\text{змін}} = (13442 \cdot 14,5) + (2604 \cdot 4,0) = 205399,1 \text{ дол.США/рейс.}$$

6. Знаходимо загальні витрати судна за рейс:

$$\Sigma R_{\text{рейс}} = \Sigma R_{\text{заг.екс.}} + \Sigma R_{\text{змін.}}, \quad (6.16)$$

$$\Sigma R_{\text{рейс}} = 247365 + 205399,1 = 452764,2 \text{ дол.США/рейс.}$$

7. Знаходимо прибуток судна за рейс:

$$\Delta \Pi_{\text{рейс}} = \Sigma F_{\text{рейс}} - \Sigma R_{\text{заг.рейс}} \quad (6.17)$$

$$\Delta \Pi_{\text{рейс}} = 1597753,6 - 452764,2 = 1144989,4 \text{ дол.США /рейс.}$$

6.3 Методика розрахунку якісних експлуатаційно-економічних показників роботи судна в рейсі

1. Коефіцієнт використання календарного періоду:

$$K_e = \frac{T_e}{T_{\kappa}}, \quad (6.18)$$

$$K_e = 355 / 365 = 0,97.$$

2. Коефіцієнт використання вантажопідйомності судна:

$$\alpha_{\text{заг}} = \frac{\Sigma Q}{\Sigma D_q}, \quad (6.19)$$

$$\alpha_{\text{заг}} = 222811732,5 / 232753290 = 0,9573.$$

3. Середньодобова експлуатаційна швидкість:

$$V_{\text{сер}} = \frac{L}{t_x}, \quad (6.20)$$

$$V_{\text{сер}} = 4462,5 / 14,5 = 307,7 \text{ милі/добу.}$$

4. Коефіцієнт ходового часу:

$$\varepsilon_x = \frac{t_x}{t_p}, \quad (6.21)$$

$$\varepsilon_x = 14,5 / 18,5 = 0,78.$$

5. Продуктивність однієї тони вантажопідйомності за добу експлуатації:

$$\mu_b = \alpha_z \cdot V_{\text{сер}} \cdot \varepsilon_x, \quad (6.22)$$

$$\mu_b = 0,9573 \cdot 307,7 \cdot 0,78 = 230,7 \text{ т-милі/тнж-добу.}$$

6. Валова прибутковість одних судно-днів:

$$\mu_e = \frac{\Delta F_{\text{чинв}}}{t_p}, \quad (6.23)$$

$$\mu_b = 1597753,6 / 18,5 = 86288,3 \text{ дол.США/добу.}$$

7. Рівень прибутковості являє відношення доходів до витрат:

$$PF = \frac{\Sigma F_{\text{заг.рейс}}}{\Sigma R_{\text{заг.рейс}}}, \quad (6.24)$$

$$PF = 1597753,6 / 452764,2 = 3,53.$$

8. Розрахуємо собівартість перевезення однієї тони вантажу в рейсі:

$$S_T = \frac{\Sigma R_{\text{заг}}}{\Sigma Q}, \quad (6.25)$$

$$S_T = 452764,2 / 49929,8 = 9,1 \text{ дол.США/т.}$$

9. Прибуток з урахуванням податку 25%:

$$\Sigma\P_{\text{рейс}} = \Delta F - \Sigma N_{\text{под}} = \Delta F_{\text{рейс}}, \quad (6.26)$$

$$\Sigma\P_{\text{рейс}} = 1144989,4 - 25\% = 858742,1 \text{ дол.США/рейс.}$$

10. Розрахуємо собівартість 1 тонно-милі на добу в рейсі:

$$S_{\text{т-м}} = \frac{\Sigma R_{\text{заг}}}{\Sigma Ql}, \quad (6.27)$$

$$S_{\text{т-м}} = 454764,2 / 222811732,5 = 0,00203 \text{ дол.США/т-м.}$$

11. Розрахуємо собівартість утримання судна за добу експлуатації:

$$S_{\text{с-с}} = \frac{\Sigma R_{\text{заг.}}}{t_p}, \quad (6.28)$$

$$S_c = 454764,2 / 18,5 = 24452 \text{ дол.США /добу.}$$

6.4 Прогнозування роботи судна за експлуатаційний період

1. Число рейсів за експлуатаційний період:

$$\text{Ч}_p = T_{\text{екс}} / t_p, \quad (6.29)$$

$$\text{Ч}_p = 355 / 18,5 = 19,2 \text{ рейсів.}$$

2. Обсяг перевезеного вантажу за експлуатаційний період:

$$\Sigma Q_{\text{екс}} = \Sigma Q \cdot \text{Ч}_p, \quad (6.30)$$

$$\Sigma Q_{\text{екс}} = 49929,8 \cdot 19,2 = 957260,5 \text{ т.}$$

3. Обсяг транспортної роботи за експлуатаційний період:

$$\Sigma Ql_{\text{екс}} = \Sigma Ql \cdot \text{Ч}_p, \quad (6.31)$$

$$\Sigma Ql_{\text{екс}} = 49929,8 \cdot 19,2 \cdot 4462,5 = 4271775040 \text{ т-м-рейсів.}$$

4. Дохід за експлуатаційний період:

$$\Sigma F_{\text{екс}} = \Sigma F_{\text{рейс}} \cdot \text{Ч}_p, \quad (6.32)$$

$$\Sigma F_{\text{екс}} = 1597753,6 \cdot 19,2 = 30632336,42 \text{ дол.США/рік.}$$

5. Загальні витрати судна за експлуатаційний період:

$$\sum R_{\text{екс}} = \sum R_{\text{рейс}} \cdot \text{Ч}_p, \quad (6.33)$$

$$\sum R_{\text{екс}} = 452764,2 \cdot 19,2 = 8680452,33 \text{ дол.США/рік.}$$

6. Прибуток судна за експлуатаційний період:

$$\sum \Pi = \sum \Pi_{\text{рейс}} \cdot \text{Ч}_p, \quad (6.34)$$

$$\sum \Pi = 1144989,4 \cdot 19,2 = 21951884,08 \text{ дол.США/рік.}$$

7. Рівень прибутковості роботи судна за експлуатаційний період:

$$\sum PF = \frac{\sum F_{\text{екс}}}{\sum R_{\text{екс}}}, \quad (6.35)$$

$$\sum PF = 30632336,42 / 8680452,34 = 3,53.$$

6.5 Оцінка ефективності виконаного рейсу і роботи судна за експлуатаційний період

Результати всіх розрахунків по закінченому рейсу зводимо в табл. 6.2.

Таблиця 6.2 – Кількісні та якісні показники виконаного рейсу

№ п/п	Найменування показників	Умовні познач.	Од. вимірювання	Значення
1	2	3	4	5
1	Експлуатаційний період	T_e	діб	355
2	Відстань пройдена судном в рейсі	L, l	милі	4462,5
3	Перевезено вантажу	ΣQ	тон	49929,8
4	Судно-доба в рейсі	t_p	діб	18,5
	а) на ходу	t_x	діб	14,5
	б) на стоянці	t_{ct}	діб	4,0
5	Валовий дохід	F	дол.США	1597753,6
6	Затрати загальні	R	дол.США	452764,2
7	Прибуток	Π	дол.США	1144989,4
8	Коефіцієнт ходового часу	ε_x		0,78
9	Середньодобова експлуатація, швидкість	$V_{\text{сер}}$	милі/добу	307,7
10	Дохідність судна	μ'_v	дол.США /добу	86288,3

Продовження табл. 6.2

1	2	3	4	5
11	Рівень дохідності	PF		3,53
12	Собівартість перевезення 1 т вантажу	S_T	дол.США /т	9,1
13	Собівартість 1 т-м	$S_{T-м}$	дол.США /т-м	0,002
14	Собівартість утримання судна за добу експлуатації	S_c	дол.США /діб.ек	24451,98

У межах одного рейсу судно перевозить 41920 т вантажу на відстань 2791,6 милі за 21,5 доби, з яких лише 8,5 доби припадає на хід, а 13 діб — на стоянку в портах, що свідчить про значну частку портового часу, але не знижує загальну економічну ефективність. Доходи за рейс становлять 670720 дол. США, загальні витрати — 315612,4 дол. США, що забезпечує прибуток до оподаткування 355107,6 дол. США (266330,7 дол. США після сплати 25% податку).

Валова прибутковість становить близько 31205,6 дол. США на судно-добу, а рівень прибутковості $PF = 2,13$ означає, що доходи більш ніж удвічі перевищують витрати як за рейс, так і за рік. Собівартість перевезення 1 т вантажу дорівнює 7,5 дол. США, 1 тонно-милі – 0,003 дол. США, а утримання судна за добу експлуатації коштує близько 14684 дол. США, що підтверджує конкурентоспроможність витрат.

За експлуатаційний період судно виконує близько 16,5 рейсів, перевозить понад 0,9 млн т вантажу та забезпечує сумарний річний дохід близько 11,1 млн дол. США при витратах близько 5,2 млн дол. США. Чистий річний прибуток перевищує 5,8 млн дол. США, що дозволяє визнати розглянутий напрямок експлуатації судна економічно доцільним, фінансово стійким і рентабельним.

РОЗДІЛ 7

ОХОРОННІ ЗАХОДИ І ЦИВІЛЬНА ОБОРОНА НА СУДНІ

7.1 Прогнозування наслідків надзвичайної ситуації на об'єкті морського транспорту

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

Вантажне судно «Normania» знаходиться в дрейфі, чекаючи отримання дозволу на вхід у порт Tema (Гана). Отримано повідомлення про терористичний акт на території порту: в результаті вибуху зруйнована автомобільна цистерна зі зрідженим хлором, що є сильнодіючою отруйною речовиною (СДОР) [37].

Кількість розливої СДОР – 20 т, характер розливу «вільно».

На території порту оголошена терористична загроза.

Метеорологічні умови на момент аварії: час доби – день, 16.00, температура повітря 0⁰, швидкість вітру 6 м/с, вітер зустрічний, суцільна хмарність.

Відстань до місця аварії – 4 км. Місцевість відкрита, характер – водна поверхня.

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 повідомлення про виявлення на території портової споруди, що взаємодіє із судном, підозрілого предмета.

7.1.2 Оцінка масштабів хімічного зараження території

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

1) Визначення ступеня вертикальної стійкості повітря

За заданими метеорологічними умовами (час доби - день, швидкість вітру 6 м/с, суцільна хмарність) визначаємо по табл. 7.1 ступень 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.

Розраховуємо еквівалентну кількість $Q_{\text{с1}}$ (т) хлору в первинній хмарі:

$$Q_{\text{с1}} = K_1 \cdot K_3 \cdot K_5 \cdot K_7^{-1} \cdot Q_0 = 0,18 \cdot 1 \cdot 0,23 \cdot 0,6 \cdot 20 = 0,5 \text{ т,}$$

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

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

$K_3 = 1$ – коефіцієнт (табл. 7.2);

$K_5 = 0,23$ – коефіцієнт, який враховує ступень вертикальної стійкості повітря для ізотермії (п. 3.2. Методики прогнозування наслідків надзвичайних ситуацій на об'єктах морського транспорту);

$K_7^I = 0,6$ – коефіцієнт, що враховує вплив температури навколишнього повітря на швидкість утворення первинної хмари (табл. 7.2);

$Q_0 = 20$ – кількість хлору, що розлився при аварії, т.

Таблиця 7.2 – Характеристики СДОР і значення допоміжних коефіцієнтів

Найменування СДОР	Щільність СДОР, т/ м ³		Температура кипіння, °С	Порогова токсодоза, мг·хв/л	Значення допоміжних коефіцієнтів							
	Газ	Рідина			К ₁	К ₂	К ₃	К ₇ для температури повітря (°С)				
								-40	-20	0	20	40
Хлор	-	1,558	-34,1	0,6	0,18	0,052	1,0	<u>0</u> 0,9	<u>0,3</u> 1	<u>0,6</u> 1	<u>1</u> 1	<u>1,4</u> 1

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

Площа розливу S_p (м²) хлору дорівнює:

$$S_p = V_p / h = Q_0 / \rho / h = 20 / 1,558 / 0,05 = 257 \text{ м}^2,$$

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

$\rho = 1,558$ – щільність хлору, т/м³ (таблиця 8.2);

$h = 0,05$ – товщина шару хлору (для характеру розливу – «вільно»), м.

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.) хлору:

$$T = h \cdot \rho / (K_2 \cdot K_4 \cdot K_7^{II}) + 1/(K_M \cdot v_{\Pi}) = 0,05 \cdot 1,558 / (0,052 \cdot 2,67 \cdot 1) + 1 / (1 \cdot 35) = 0,59 \text{ год.} = 35 \text{ хв.},$$

де $K_2 = 0,052$ – коефіцієнт, що залежить від фізико-хімічних властивостей хлору (табл. 8.2);

$K_4 = 2,67$ – коефіцієнт, що враховує швидкість вітру (табл. 7.3);

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

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

$K_M = 1$ – коефіцієнт, що враховує вплив місцевості на швидкість поширення хмари хлору (табл. 7.4);

$v_{\Pi} = 35$ – швидкість перенесення переднього фронту зараженого повітря, км/год. (з таблиці).

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

Швидкість перенесення переднього фронту зараженого повітря надано в табл. 7.5.

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

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

Розраховуємо еквівалентну кількість хлору Q_{32} (т) у вторинній хмарі:

$$Q_{32} = (1-K_1) \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot K_7^{\Pi} \cdot Q_0 / (h \cdot \rho) =$$

$$= 0,82 \cdot 0,052 \cdot 1 \cdot 2,67 \cdot 0,23 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 20 / (0,05 \cdot 1,558) = 6,72 \text{ т},$$

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

4) Визначення глибини і площі зони зараження

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

Таблиця 7.6 – Глибина (км) зони зараження

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

Продовження табл. 7.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4	0,19	0,42	0,59	1,33	1,88	3,28	4,36	6,46	9,62
5	0,17	0,38	0,53	1,19	1,68	2,91	3,75	5,53	8,19
6	0,15	0,34	0,48	1,09	1,53	2,66	3,43	4,88	7,20

Для $Q_{\text{с1}} = 0,5$ т та швидкості вітру $u = 6$ м/с визначаємо глибину зони зараження первинною хмарою хлору: $\Gamma_1 = 1,09$ км.

Для $Q_{\text{с2}} = 6,72$ т та швидкості вітру $u = 6$ м/с визначаємо глибину зони зараження вторинною хмарою хлору: $\Gamma_2 = 3,93$ км.

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

$$\Gamma_{\Sigma} = \Gamma' + 0,5 \cdot \Gamma'' = 3,93 + 0,5 \cdot 1,09 = 4,5 \text{ км},$$

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

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

$$\Gamma_{\Pi} = N \cdot v_{\Pi} = 1 \cdot 35 = 35 \text{ км}.$$

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

$$\Gamma = \min \left\{ \begin{matrix} \Gamma_{\Sigma} \\ \Gamma_{\Pi} \end{matrix} \right\} = 4,5 \text{ км}.$$

Визначаємо площу зони можливого зараження $S_{\text{в}}$ (км²) хмарою хлору:

$$S_{\text{в}} = \pi \cdot \Gamma^2 \cdot \varphi / 360^{\circ} = 3,14 \cdot 4,5^2 \cdot 45^{\circ} / 360^{\circ} = 7,95 \text{ км}^2,$$

де $\Gamma = 4,5$ – розрахункова глибина зони зараження, км;

$\varphi = 45^{\circ}$ – кутовий розмір зони зараження, град (з таблиці).

Визначаємо площу зони фактичного зараження $S_{\text{ф}}$ (км²):

$$S_{\phi} = K_8 \cdot \Gamma^2 \cdot N^{0,2} = 0,133 \cdot 4,5^2 \cdot 1^{0,2} = 2,69 \text{ км}^2,$$

де $K_8 = 0,133$ – коефіцієнт, що залежить від ступеня вертикальної стійкості повітря – ізотермії (п. 3.4. Методики прогнозування наслідків надзвичайних ситуацій на об'єктах морського транспорту).

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 $\phi = 45^\circ$ (табл. 7.7) і радіус, який дорівнює значенню розрахунковій глибині зони зараження $\Gamma = 4,5$ км. Вершина сектору співпадає з джерелом зараження - місцем розливу хлору.

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

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

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

Розраховуємо глибину зони смертельних уражень Γ_1 (км):

$$\Gamma_1 = \lambda \cdot K_M \cdot \left(\frac{Q_3}{D_t} \right)^{\Psi} = 1,20 \cdot 1 \cdot \left(\frac{7,22}{6} \right)^{0,537} = 1,33 \text{ км},$$

де $\lambda = 1,20$; $\Psi = 0,537$ – коефіцієнти, що залежать від швидкості вітру (табл. 7.8);

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

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

$Q_3 = Q_{31} + Q_{32} = 0,5 + 6,72 = 7,22$ – загальна еквівалентна кількість СДОР, що перейшла в первинну і вторинну хмару, т;

$D_1 = 6$ – летальна токсодоза для хлору, мг.хв/л.

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

$$\Gamma_{0,41} = \lambda \cdot K_M \cdot \left(\frac{Q_3}{D_{0,41}} \right)^\Psi = 1,20 \cdot 1 \cdot \left(\frac{7,22}{2,4} \right)^{0,537} = 2,17 \text{ км},$$

де $D_{0,41} = 0,4 \cdot D_1 = 0,4 \cdot 6 = 2,4$ – значення токсодози, що відповідає 40% летальної токсодози для хлору, мг.хв/л.

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

$$\Gamma_{0,21} = \lambda \cdot K_M \cdot \left(\frac{Q_3}{D_{0,21}} \right)^\Psi = 1,20 \cdot 1 \cdot \left(\frac{7,22}{1,2} \right)^{0,537} = 3,15 \text{ км},$$

де: $D_{0,21} = 0,2 \cdot D_1 = 0,2 \cdot 6 = 1,2$ – значення токсодози, що відповідає 20% летальної токсодози для хлору, мг.хв/л.

Глибина зони легких уражень відповідає значенню розрахунковій глибині зони зараження $\Gamma = 4,5$ км.

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

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

$$t = x / (K_M \cdot v_{\text{п}}) = 4 / (1 \cdot 35) = 0,11 \text{ год.} \approx 6,9 \text{ хв.},$$

де x – відстань від джерела зараження до заданого об'єкту, км.

7.1.3 Висновки і рекомендовані заходи для зменшення людських втрат

Проведена оцінка масштабів хімічного зараження території порту внаслідок руйнування цистерни із зрідженим хлором показала, що в результаті можливого отруєння члени екіпажу судна можуть отримати легкі ураження, так як

судно опиняється в зоні легких уражень (глибина зони легких уражень - 4,5 км, відстань судна до місця аварії становить - 4 км).

Для уникнення можливих втрат серед екіпажу судна пропонуються наступні заходи [38]:

- оголосити загально суднову тривогу, попередити екіпаж про небезпеку;
- убрати людей з відкритої палуби в середину судна, виключити вентиляцію, максимально герметизувати приміщення;
- спрямувати рух судна в сторону від напрямку вітру для виходу із зони ураження;
- зв'язатися з аварійними службами порту для отримання оперативної інформації про розвиток аварії, узгодити питання щодо можливого здійснення евакуації постраждалих членів екіпажу на берег для надання їм кваліфікованої медичної допомоги;
- знаходитись на безпечній відстані до спливу часу вражаючої дії хлору.

7.1.4 Стандартні робочі процедури при отриманні повідомлення про виявлення на території портової споруди, що взаємодіє із судном, підозрілого предмета

При виявленні на борту судна підозрілого предмету, члени екіпажу, в тому числі особа, відповідальна за охорону судна (далі – SSO), приймають необхідні заходи, перелічені в табл. 7.9 [38-39].

Таблиця 7.9 – Заходи, при виявленні на території портової споруди підозрілого предмета

№ п/п	Дії, які повинні бути виконані (при стоянці в порту або на рейді)	Відповідальний член екіпажу
1	2	3
1.	Докладно записати повідомлення про виявлення на території портової споруди, що взаємодіє із судном, підоз-	Вахтовий помічник

Продовження табл. 7.9

1	2	3
	рілого предмета. Негайно доповісти капітану і SSO. Поки триває стан надзвичайної ситуації, у судовому журналі відображати всі заходи по забезпеченню безпеки	
2.	Оголосити загальносуднову тривогу, провести герметизацію корпусу судна, засоби боротьби з водою і пожежею привести у негайну готовність	Капітан
3.	Оповістити екіпаж судна про місце виявлення підозрілого предмету	Вахтовий помічник
4.	Зв'язатися з посадовою особою портового засобу, відповідальною за охорону, і посадовою особою компанії, відповідальною за охорону. Всі подальші дії здійснювати у контакті з цими особами	SSO
5.	Аварійну партію привести в готовність №1	Старший помічник
6.	По закінченню проведення на території портового засобу заходів з ліквідації загрози терористичного акту привести судно у початковий стан	Капітан, SSO
7.	Про результати вжитих заходів доповісти посадовій особі портового засобу, відповідальній за охорону, та посадовій особі Компанії, відповідальній за охорону	SSO

ВИСНОВКИ

Магістерська робота присвячена комплексному опрацюванню і дослідженню етапів рейсу судна «Pacific Rizhao» за маршрутом Х'юстон – Суапе.

Під час виконання роботи з суднової документації взята інформація по газовозу «Pacific Rizhao», яке представляє тип наливних суден. Також для виконання комплексного опрацювання проводилась навігаційна підготовка до рейсу, розрахунки з планування навігаційного переходу Х'юстон – Суапе, дозволили підготувати маршрутні листи, відобразити на рисунку графічний план переходу, провести оцінку гідро-метеорологічних умов, для врахування при складанні маршруту.

З судна взяті матеріали по перевезеному вантажу – зріджений газ бутан (нормальний бутан), складений вантажний план, враховує особливості вантажу згідно міжнародних регламентуючих документів. За результатами виконано розрахунки остійності за вимогами ІМО і поздовжньої міцності судна, що показали відповідності усім вимогам для безпечного виконання рейсу.

За результатами розрахунків економічних показників можна стверджувати, що рейс судна «Pacific Rizhao» є прибутковим. За експлуатаційний період судно виконує близько 16,5 рейсів, перевозить понад 0,9 млн т вантажу та забезпечує сумарний річний дохід близько 11,1 млн дол. США при витратах близько 5,2 млн дол. США. Чистий річний прибуток перевищує 5,8 млн дол. США, що дозволяє визнати розглянутий напрямок експлуатації судна економічно доцільним, фінансово стійким і рентабельним.

В магістерській роботі було розглянуто застосування зрідженого природного газу як палива у забезпеченні екологічної безпеки судноплавства.

У розділі було комплексно розглянуто застосування зрідженого природного газу (ЗПГ) як суднового палива в контексті забезпечення

екологічної безпеки судноплавства. Проведений аналіз дозволяє сформулювати такі основні висновки:

1. Судноплавна галузь є суттєвим джерелом забруднення атмосферного повітря, зокрема через викиди CO_2 , NO_x , SO_x та твердих частинок, що негативно впливають на клімат, екологічний стан припортових територій і здоров'я населення.

2. Посилення міжнародних екологічних вимог, зокрема норм МАРПОЛ та обмежень у зонах ЕСА, обумовлює необхідність переходу на більш чисті види суднового палива або впровадження дорогих систем очищення вихлопних газів.

3. Зріджений природний газ є ефективною альтернативою традиційним нафтовим видам палива, оскільки забезпечує істотне скорочення викидів SO_x (до 98%), NO_x (до 86%), твердих частинок (до 96%) та певне зменшення викидів CO_2 .

4. Використання ЗПГ є економічно доцільним у довгостроковій перспективі завдяки нижчій вартості палива, зменшенню експлуатаційних витрат і скороченню витрат на технічне обслуговування суднових двигунів, незважаючи на значні початкові інвестиції у переобладнання або будівництво суден.

5. Технічна можливість переходу на ЗПГ підтверджується наявністю серійних двопаливних і газових двигунів, криогенних систем зберігання палива та засобів контролю безпеки, які вже схвалені класифікаційними товариствами.

6. Основною перешкодою для широкого впровадження ЗПГ у судноплавстві залишається недостатній розвиток інфраструктури бункерування, особливо в портах з інтенсивним рухом та на маршрутах із короткими переходами.

7. ЗПГ слід розглядати як перехідне, але перспективне рішення на шляху до декарбонізації морського транспорту, тоді як у довгостроковій перспективі очікується зростання ролі безвуглецевих видів палива, зокрема водню та аміаку.

Отже, застосування зрідженого природного газу як суднового палива є технологічно здійсненним, екологічно виправданим та економічно привабливим рішенням, яке дозволяє суттєво зменшити негативний вплив судноплавства на навколишнє середовище за умови подальшого розвитку інфраструктури та нормативної підтримки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ворохобін І.І., Цимбал М.М., Бурмака І.О., Ніколаєва Л.Л та інші. Методичні вказівки для виконання магістерської роботи // І.І. Ворохобін, М.М. Цимбал, І.О. Бурмака, Л.Л. Ніколаєва та ін. – Одеса: НУ «ОМА», 2023. – 96 с.
2. Суднова документація танкеру «Minerva Zen», 2009.
3. Резолюція ІМО А.893 (21) – 1999 р. «Керівництво по плануванню рейсу».
4. Алексішин В.Г., Долгочуб В.Т. Практичне судноводіння / В.Г. Алексішин, В.Т. Долгочуб. – 3 Вид. випр. і доп. – Одеса: Фенікс, 2015. – 376.с.
5. Алексішин В.Г., Козир Л.А. Навігаційне планування переходу / В.Г. Алексішин, Л.А. Козир. – О., 2001. – 69 с.
6. Catalogue Admiralty Charts and Publications. – London: UKHO, 2020.
7. Sailing Directions (Pilots). – London: UKHO, 2020.
8. Admiralty List of Radio Signals (ALRS) (NPs 281-288). – London: UKHO, 2020.
9. International Safety Net Manual, 2010. – 72 с.
10. Pilot Chart, інтернет ресурс гідрометеорологічних умов. URL: [Sailing Weather - Marine Weather Forecasts for Sailors and Adventurers - PassageWeather](#)
11. Atlas of the Oceans. – London: UKHO, 2011
12. Guide to Port Entry. – London, 2020.
13. Admiralty List of Lights and Fog Signals (ALL). – London: UKHO, 2020.
14. Морехідні таблиці МТ-75.
15. Brown's Nautical Almanac, London: 2019. – 1130 р.
16. Admiralty Tidal Handbook №. 2 Datums for Hydrographic Surveys NP 122(2). – London: UKHO, 2018.
17. Інформація про фізико-хімічні властивості вантажу з Material Safety Data Sheet (MSDS), 2023.

18. ISGOTT, 6th Edition. International Safety Guide for Oil Tankers and Terminals. International Chamber of Shipping, OCIMF and IAPH, 2018.

19. Снопков В.Г. Технологія перевезення вантажів морем: [навчальний посібник] / В.Г. Снопков. – О., 2001. – 279 с.

20. Ніколаєва Л.Л. Комерційна експлуатація судна: підручник. Одеса: НУ «ОМА», 2021. – 438 с.

21. International Convention on Load Lines, 1966/1988 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/896_007

22. Карта зон і сезонних районів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://balt-lloyd.ru/morskaja-praktika/ostojchivost/gruzovaja-marka/attachment/karta-zon-i-sezonnyh-rajonov>

23. Теорія і будова судна: навчальний посібник / І.П. Давидов, Ю.П. Кучер, В.Ф. Сіряченко, О.І. Бурмака – Одеса: НУ «ОМА», 2019. – 110 с.

24. Резолюція MSC. 267 (85) 09.12.2008. «Code on Intact Stability for All Types of Ships Covered by IMO Instruments» (ISC).

25. Костильов І.І., Коняєв Д.В. Бункеровка как фактор сдерживания применения газового топлива на судах. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://cyberleninka.ru/article/n/bunkerovka-kak-faktor-sderzhivaniya-primeneniya-gazovogo-topliva-na-sudah>.

26. LNG as a marine fuel – the investment opportunity: study / SEA-LNG. – [Б.м.]: SEA-LNG, 2020. – 44 с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://sea-lng.org/wp-content/uploads/2020/04/SEA-LNGStudyVLCC4_compressed.pdf.

27. LNG as Marine Fuel/American Bureau of Shipping. – Houston: ABS, 2020. – 28 с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ww2.eagle.org/content/dam/eagle/advisories-and-debriefs/sustainability-whitepaper-lng-as-marine-fuel.pdf>.

28. LNG as marine fuel: technologies / DNV. – Oslo: DNV, 2020. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.dnv.com/maritime/insights/topics/lng-as-marine-fuel/technologies/>

29. Ahmed M. Salem Overview of alternative fuels with emphasis on the potential of LNG as future marine fuel. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.researchgate.net/publication/259934521_Overview_of_alternative_fuels_with_emphasis_on_the_potential_of_LNG_as_future_marine_fuel#read

30. Мельник О. М. Стан та динаміка екологічного навантаження від судноплавства у Чорному морі / О. М. Мельник // Вісник КНТУ. – 2025. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://journals.kntu.kherson.ua/index.php/visnyk_kntu/article/view/986.

31. Передумови використання на водному транспорті альтернативних видів палива / [ет ал.] // Проблеми систем- та апаратного забезпечення автоматизованих систем. – 2020. – № 5 (79). [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.psae-jrnl.nau.in.ua/journal/5_79_2020_ukr/14.pdf.

32. Studies on the feasibility and use of LNG as a fuel for shipping / IMO GreenVoyage2050. – London: IMO, 2021. – 56 с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://greenvoyage2050.imo.org/wp-content/uploads/2021/01/STUDIES-ON-THE-FEASIBILITY-AND-USE-OF-LNG-AS-A-FUEL-FOR-SHIPPING-.pdf>.

33. Costs and benefits of LNG as ship fuel for container vessels / Germanischer Lloyd, MAN Diesel & Turbo. – Hamburg: GL, 2011. – 72 с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.lng-info.de/fileadmin/user_upload/studien/Studie-GL-MAN-LNG.pdf.

34. Хасанов І.І., Гімаєва А.Р. Особенности бункеровки топлива для судов на сжиженном природном газе. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-bunkerovki-topliva-dlya-sudov-na-szhizhenom-prirodnom-gaze>

35. Костильов І.І. Сжиженный природный газ как судовое топливо: проблемы и перспективы их решения. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://cyberleninka.ru/article/n/szhizhennyy-prirodnyy-gaz-kak-sudovoe-toplivo-problemy-i-perspektivy-ih-resheniya>

36. Сотниченко Л.Л., Бабаченко М.В. Економіка водного транспорту: методичні вказівки розрахункової роботи. – Одеса: НУ «ОМА», 2017. – 20 с.

37. Терновський В.Б. Методичні вказівки по виконанню розділу дипломної роботи «Охоронні заходи і цивільна оборона на судні». – Одеса: ОНМА, 2015. – 72 с.

38. Волошин А.А. Охрана судов и портовых средств: Учебное пособие. – Одесса, 2009. – 127 с.

39. Кодекс цивільного захисту України: чинне законодавство із змінами та допов. – К.: Алерта, 2015. – 102 с.