

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

Навчально-науковий інститут навігації

Кафедра СУДНОВОДІННЯ

ДИПЛОМНА РОБОТА МАГІСТРАНТА

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

Злобіна Анастасія Олегівна

(прізвище, ім'я по-батькові)

Тема роботи: Комплексне опрацювання та дослідження етапів переходу судна «Front Cosmos» за маршрутом Танджунг-Пелепас – Ульсан

Підпис магістранта _____

Завідувач кафедри _____

Керівник _____

Рецензент _____

Нормоконтроль _____

м. Одеса
2025 рік

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ОДЕСЬКА МОРСЬКА АКАДЕМІЯ»

Навчально-науковий інститут навігації

кафедра СУДНОВОДІННЯ

спеціалізація 271.01 Навігація і управління морськими суднами

"ЗАТВЕРДЖУЮ"

Завідувач кафедри

"___" _____ 20__ р

ЗАВДАННЯ

по дипломній роботі магістранта

Злобіна Анастасія Олегівна

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Комплексне опрацювання та дослідження етапів переходу судна «Front Cosmos» за маршрутом Танджунг-Пелепас – Ульсан
затверджена наказом по НУ ОМА від "___" _____ 20__ р. № _____
2. Строк здачі курсантом закінченої роботи ___ "___" _____ 20__ року
3. Вхідні дані до роботи:
 - Методичні вказівки для виконання магістерської роботи укл. І.І.Ворохобін та інші. – Одеса, НУОМА 2023р.-96с.
 - Суднова документація
 - Karlsson, M. AI decision-support systems in tanker navigation. *Journal of Marine Science and Technology*, 2024.OCIMF. Global Marine Risk Report 2022–2023. London, 2023
 - International Maritime Organization (IMO). *Human Element Vision, Principles and Goals*. 2020.
 - Gaber T., Chetehouna K. Optical sensor system using computer vision for level measurement in oil tankers. 2020.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що підлягають розробці):
 - Характеристики судна
 - Аналіз, оцінка та планування навігаційного переходу
 - Обробка та розміщення вантажів
 - Оцінка морехідних якостей
 - Дослідницька частина
 - Економічні розрахунки
 - Охоронні заходи та цивільна оборона на судні
5. Перелік графічного матеріалу:

Магістерська робота включає в себе 16 рисунків та 54 таблиці

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

Розділ	ПІБ консультанта	Підпис і дата
1. Характеристики судна	Фусар І.Ю.	
2. Аналіз, оцінка та планування навігаційного переходу	Фусар І.Ю.	
3. Обробка та розміщення вантажів	Фусар І.Ю.	
4. Оцінка морехідних якостей судна	Фусар І.Ю.	
5. Інтеграція технологій штучного інтелекту в систему безпечної експлуатації нафтових танкерів	Фусар І.Ю.	
6. Розрахунок економічних показників роботи судна в рейсі	Фусар І.Ю.	
7. Охоронні заходи та цивільна оборона на судні	Фусар І.Ю.	

7. Календарний план дипломної роботи магістранта

№ п/п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Виконати підбір інформації для написання 1 розділу магістерської роботи	До 20.09.2025	Виконано
2	Виконати розділ 2. Аналіз, оцінка та планування навігаційного переходу	До 01.10.2025	Виконано
3	Виконати розділ 3. Оцінка та розміщення вантажу	До 20.10.2025	Виконано
4	Представити розрахунки остійності та посадки судна у 4 розділі	До 20.10.2025	Виконано
5	Представити результати дослідницької частини: Інтеграція технологій штучного інтелекту в систему безпечної експлуатації нафтових танкерів	До 20.11.2025	Виконано
6	Навести розрахунки економічних показників роботи судна в рейсі	До 10.11.2025	Виконано
7	Розглянути питання Охоронних заходів та цивільної оборони	До 10.11.2025	Виконано

8. Дата видачі завдання

Керівник _____

Завдання до виконання прийняв _____

АНОТАЦІЯ

Злобіна А.О. Комплексне опрацювання та дослідження етапів переходу судна «Front Cosmos» за маршрутом Танджунг-Пелепас – Ульсан.

У дипломній роботі розглянуто інтеграцію технологій штучного інтелекту в систему безпечної експлуатації танкерів. Актуальність теми зумовлена високим рівнем аварійності танкерного флоту, визначальною роллю людського фактора у навігаційних інцидентах, а також значними екологічними й економічними наслідками. Теоретичну основу становлять сучасні дослідження з морської безпеки та інтелектуальних систем управління, а також міжнародні нормативні документи.

Мета роботи – теоретично обґрунтувати та практично проаналізувати можливості інтеграції технологій штучного інтелекту в систему безпечної експлуатації нафтових танкерів, зосереджуючись на оптимізації маршрутизації, підвищенні безпеки екіпажу та вантажу за допомогою комп'ютерного зору, а також інтелектуалізації систем управління ризиками та підтримки ухвалення рішень.

Проаналізовано сучасний стан аварійності танкерного флоту та роль людського фактора, систематизовано основні напрями застосування ШІ в навігації та технологічних операціях.

Результати роботи – сформовано цілісне уявлення про роль та можливості технологій штучного інтелекту в підвищенні безпеки експлуатації нафтових танкерів. Показано, що використання моделей машинного навчання для маршрутизації знижує ризик небезпечних зближень і зіткнень, оптимізує витрати палива та зменшує навантаження на корпус судна у складних гідрометеорологічних умовах. Практичне значення полягає у можливості використання отриманих висновків і рекомендацій під час модернізації систем безпеки флоту та розроблення цифрових рішень для танкерних операторів.

Ключові слова: штучний інтелект; нафтоналивний танкер; безпека мореплавства; ухвалення рішень.

ABSTRACT

Zlobina A. Comprehensive study and research of the stages of the passage of the vessel "Front Cosmos" along the Tanjung Pelepas - Ulsan route

The thesis considers the integration of artificial intelligence technologies into the system of safe operation of tankers. The relevance of the topic is due to the high level of accident rate of the tanker fleet, the decisive role of the human factor in navigation incidents, as well as significant environmental and economic consequences. The theoretical basis is modern research on maritime safety and intelligent control systems, as well as international regulatory documents.

The purpose of the work is to theoretically substantiate and practically analyze the possibilities of integrating artificial intelligence technologies into the system of safe operation of oil tankers, focusing on optimizing routing, increasing the safety of the crew and cargo using computer vision, as well as intellectualizing risk management systems and decision support. The current state of the tanker fleet accident rate and the role of the human factor are analyzed, and the main areas of application of AI in navigation and technological operations are systematized.

Results of the work – a holistic view of the role and capabilities of artificial intelligence technologies in improving the safety of oil tanker operations has been formed. It has been shown that the use of machine learning models for routing reduces the risk of dangerous approaches and collisions, optimizes fuel consumption and reduces the load on the ship's hull in difficult hydrometeorological conditions. The practical significance lies in the possibility of using the obtained conclusions and recommendations during the modernization of fleet safety systems and the development of digital solutions for tanker operators.

Keywords: artificial intelligence; oil tanker; maritime safety; decision-making

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

AIS	Автоматична ідентифікаційна система суден
ALRS	Admiralty List of Radio Signals (Адміралтейський список радіосигналів)
ATT	Admiralty Total Tide (цифрові припливні таблиці)
AVCS	Admiralty Vector Chart Service (Адміралтейська служба векторних навігаційних карт)
CATZOC	Category of Zone of Confidence (Категорія зони достовірності гідрографічних даних)
CPA	Closest Point of Approach (мінімальна дистанція зближення)
DRIFT	дрейф судна (віднесення течією)
DWT	Deadweight Tonnage (Дедвейт, повна вантажопідйомність судна)
ECDIS	Electronic Chart Display and Information System (електронна навігаційна картографічна система)
ETA	Estimated Time of Arrival (орієнтовний час прибуття)
ETD	Estimated Time of Departure (орієнтовний час відходу)
GMDSS	Global Maritime Distress and Safety System (Глобальна морська система зв'язку під час лиха і для забезпечення безпеки)
GPS	Global Positioning System (глобальна система позиціонування)
IALA	International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities (Міжнародна асоціація засобів навігаційного обладнання та маяків)
IMO	International Maritime Organization (Міжнародна морська організація)
ISGOTT	International Safety Guide for Oil Tankers and Terminals (Міжнародний посібник з безпеки для нафтових танкерів і терміналів)
LMT	Local Mean Time (Місцевий середній час)

LOA	Length Overall (Загальна довжина судна)
LR	Lloyd's Register (Регістр Ллойда, класифікаційне товариство)
MMSI	Maritime Mobile Service Identity (морський мобільний ідентифікаційний номер)
MSI	Maritime Safety Information (морська навігаційна інформація безпеки)
NP	Nautical Publication (морська навігаційна публікація ADMIRALTY)
OCIMF	Oil Companies International Marine Forum (Міжнародний морський форум нафтових компаній)
SNR	Signal-to-Noise Ratio (Відношення сигнал/шум)
STCW	International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers (Конвенція про підготовку і дипломування моряків та несення вахти)
UKC	Under Keel Clearance (запас під кілем)
UTC	Coordinated Universal Time (універсальний координований час)
VTIS	Vessel Traffic Information Service(Служба інформаційного обслуговування руху суден)
VTs	Vessel Traffic Service (служба регулювання руху суден)

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ.....	6
ВСТУП.....	11
РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКИ СУДНА.....	15
1.1 Загальні відомості і головні розміри судна.....	15
1.2 Транспортно-експлуатаційні характеристики судна.....	17
1.3 Маневрені характеристики	19
1.4 Навігаційне обладнання.....	21
1.5 Забезпечення непотоплюваності	22
РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ, ОЦІНКА ТА ПЛАНУВАННЯ НАВІГАЦІЙНОГО ПЕРЕХОДУ	24
2.1 Загальні вимоги до аналізу та планування навігаційного переходу.....	24
2.2 Оцінка запланованого переходу	28
2.2.1 Підготовка для прийому та обміну навігаційною інформацією на переході	32
2.2.2 Збір та аналіз гідрометеорологічної інформації	36
2.2.3 Збір та аналіз навігаційної інформації при прибережному плаванні	39
2.3 Навігаційні розрахунки для забезпечення безпеки плавання	45
2.3.1 Розрахунок ортодромії	45
2.3.2 Складання маршрутних листів	47
2.3.3 Графічний план переходу	48
2.3.4 Розрахунок природної освітленості	49
2.3.5 Розрахунок висот припливів та побудова графіків припливів	51
2.4 Висновки.....	53
РОЗДІЛ 3. ОБРОБКА ТА РОЗМІЩЕННЯ ВАНТАЖІВ.....	54
3.1 Транспортні характеристики вантажів.....	54
3.1.1.Наливні вантажі.....	54
3.2 Підготовка вантажних приміщень до прийому вантажів та документальне оформлення морського перевезення	56

3.3 Розрахунок чистої вантажопідйомності судна	60
3.4 Складання вантажного плану	63
3.5 Характеристика експлуатаційних умов рейсу	64
РОЗДІЛ 4 ОЦІНКА МОРЕХІДНИХ ЯКОСТЕЙ СУДНА.....	66
4.1 Розрахунок водотоннажності й координат центра ваги судна	66
4.2 Розрахунки посадки та початкової остійності.....	75
4.3 Контроль остійності за матеріалами Інформації	78
4.4 Розрахунок і побудова діаграм остійності.....	79
4.5 Розрахунки нормованих параметрів остійності.....	83
4.6 Перевірка виконання рекомендованих ІМО критеріїв остійності.....	85
4.7 Контроль загальної поздовжньої міцності корпусу	86
РОЗДІЛ 5 ІНТЕГРАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЙ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В СИСТЕМУ БЕЗПЕЧНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ НАФТОВИХ ТАНКЕРІВ.....	89
5.1 Значення штучного інтелекту для індустрії морських перевезень нафти..	89
5.2 Оптимізація маршрутизації танкерів на основі ШІ.....	92
5.3 Підвищення безпеки екіпажу та вантажу за допомогою комп'ютерного зору	94
5.4 Аналіз існуючих та потенційних рішень (стартапів) з використанням штучного інтелекту	101
5.5 Аналіз ризиків і підтримка рішень	105
5.6 Висновки.....	107
РОЗДІЛ 6 РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ СУДНА В РЕЙСІ	110
6.1 Розрахунок кількісних та якісних показників роботи судна в рейсі	110
6.2 Методика розрахунку кількісних експлуатаційно-економічних показників роботи судна в рейсі.....	111
6.3 Методика розрахунку якісних експлуатаційно-економічних показників роботи судна в рейсі.....	116
6.4 Прогнозування роботи судна, оцінка ефективності рейсу.....	118
РОЗДІЛ 7. ОХОРОННІ ЗАХОДИ І ЦИВІЛЬНА ОБОРОНА НА СУДНІ	121

7.1 Прогнозування наслідків надзвичайної ситуації на об'єкті морського транспорту	121
7.1.1 Вихідні дані (сценарій виникнення надзвичайної ситуації на об'єкті морського транспорту)	121
7.2 Оцінка масштабів хімічного зараження території.....	122
7.2.1 Визначення ступеня вертикальної стійкості повітря.....	122
7.2.2 Розрахунок еквівалентної кількості СДОР у первинній хмарі	122
7.2.3 Розрахунок площі розливу, тривалості вражаючої дії та еквівалентної кількості СДОР у вторинній хмарі.....	123
7.2.4 Визначення глибини і площі зони зараження.....	125
7.2.5 Розрахунок глибин поширення хмари СДОР у вражаючих концентраціях при смертельному, важкому, середньому і легкому ураженні	127
7.3 Висновки і рекомендовані заходи для зменшення людських втрат	129
7.4 Визначити стандартні робочі процедури при отриманні попередження про загрозу мінування судна	130
ВИСНОВКИ	133
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	135
ДОДАТКИ.....	139

ВСТУП

Актуальність теми дослідження полягає у зростанні ролі морських перевезень нафти в глобальній економіці та водночас високому рівні ризику, притаманному експлуатації нафтових танкерів. Танкерні перевезення забезпечують транспортування значної частки світового обсягу нафти, а аварії з їх участю супроводжуються масштабними розливами, тривалими екологічними наслідками для морських екосистем, значними фінансовими втратами та соціально-економічними збитками для прибережних регіонів. Статистичні дані міжнародних організацій свідчать, що значна частина інцидентів пов'язана з людським фактором, помилками під час навігації та вантажних операцій, а також із недоліками традиційних систем контролю та інспектування. Умови експлуатації великих танкерів з високою інерційністю руху, значною осадкою та обмеженими маневреними можливостями зумовлюють необхідність переходу від суто людської моделі управління до застосування інтелектуальних цифрових рішень. На цьому тлі інтеграція технологій штучного інтелекту – систем оптимізації маршрутизації, комп'ютерного зору, прогнозного технічного обслуговування та інтелектуальних систем управління ризиками – стає одним із ключових напрямів підвищення рівня навігаційної, технічної та екологічної безпеки танкерного флоту і, відповідно, важливим чинником підвищення ефективності функціонування транспортної галузі в цілому.

Мета роботи полягає в обґрунтуванні та практичному аналізі можливості інтеграції технологій штучного інтелекту в систему безпечної експлуатації нафтових танкерів, зосереджуючись на оптимізації маршрутизації, підвищенні безпеки екіпажу та вантажу за допомогою комп'ютерного зору, а також інтелектуалізації систем управління ризиками та підтримки ухвалення рішень.

Виходячи з поставленої мети, у роботі сформульовано та вирішуються такі **основні завдання**:

- проаналізувати сучасний стан аварійності нафтових танкерів та охарактеризувати роль людського фактора, технічних і навігаційних ризиків у формуванні небезпечних ситуацій;
- узагальнити напрями застосування технологій штучного інтелекту в індустрії морських перевезень нафти та визначити їх потенціал для зниження аварійності;
- обґрунтувати можливості оптимізації маршрутизації нафтових танкерів на основі ШІ з урахуванням гідрометеорологічних умов, суднового трафіку та економічних показників рейсу;
- дослідити застосування систем комп'ютерного зору для підвищення безпеки екіпажу та вантажу, зокрема для контролю дотримання процедур безпеки, моніторингу вантажних операцій та інспекції корпусу;
- проаналізувати ШІ-орієнтовані підходи до управління ризиками й підтримки ухвалення рішень на танкерах та порівняти їх із традиційними методами;
- сформувати узагальнену концептуальну модель інтеграції технологій штучного інтелекту в систему безпеки нафтових танкерів і розробити практичні рекомендації щодо її впровадження.

Об'єктом дослідження є процес безпечної експлуатації нафтових танкерів у сучасних умовах міжнародного мореплавства.

Предметом дослідження є технології штучного інтелекту та їх інтеграція в систему забезпечення безпеки експлуатації нафтових танкерів, включно з інтелектуальною маршрутизацією, системами комп'ютерного зору, прогнозними технічними обслуговуванням і системами управління ризиками та підтримки ухвалення рішень.

Методи дослідження ґрунтуються на поєднанні системного підходу та комплексу сучасних наукових методів. У роботі застосовано методи аналізу, синтезу для узагальнення інформації щодо аварійності танкерного флоту й напрямів цифровізації морських перевезень; методи теоретичного узагальнення та класифікації – для структуризації підходів до застосування ШІ; порівняльний

аналіз – для зіставлення традиційних систем управління ризиками із ІІІ-орієнтованими рішеннями; елементи моделювання – для опису механізмів оптимізації маршрутизації, роботи систем комп'ютерного зору та інтелектуальних DSS; аналітичні та графічні методи – для інтерпретації показників ефективності інспекції, виявлення дефектів і скорочення часу реагування. Застосування зазначених методів забезпечує обґрунтованість висновків і достовірність отриманих результатів.

Наукова новизна отриманих результатів полягає у комплексному підході до розгляду інтеграції технологій штучного інтелекту в систему безпечної експлуатації нафтових танкерів. У роботі уточнено роль ІІІ в управлінні технічними, навігаційними та людськими ризиками на танкерах; систематизовано напрями використання комп'ютерного зору для контролю дій екіпажу, моніторингу вантажних операцій та інспекції корпусу; удосконалено підхід до порівняння традиційних та ІІІ-орієнтованих систем управління ризиками на основі показників точності оцінки ризику, швидкості реагування та рівня зниження аварійності.

Практичне значення отриманих результатів полягають у можливості використання сформульованих у роботі висновків і рекомендацій під час модернізації систем безпеки нафтових танкерів, впровадження інтелектуальних систем моніторингу та управління ризиками у практику судноплавних компаній, а також у навчальному процесі закладів морського профілю при підготовці фахівців для танкерного флоту. Запропоновані підходи можуть слугувати основою для подальшої розробки галузевих стандартів цифрової безпеки та удосконалення програм професійної підготовки й підвищення кваліфікації екіпажів.

Апробація результатів дослідження відбувалась шляхом їх оприлюднення на науково-практичних конференціях:

1. Злобіна А.О. Використання штучного інтелекту (ІІІ) для прогнозування маршруту та запобігання зіткненню суден. *Судноводіння, морські перевезення та*

технології: матеріали всеукраїнської науково-практичної конференції НУОМА.
Одеса: НУОМА. 2024. С.7.

Структура та обсяг дипломної роботи. Дипломна робота складається з анотації, вступу, семи розділів, висновків, списку використаних джерел (60 найменувань), додатків (2 додатки). Загальний обсяг роботи становить 141 сторінку. Робота містить 54 таблиць та 16 рисунків.

РОЗДІЛ 1

ХАРАКТЕРИСТИКИ СУДНА

1.1 Загальні відомості і головні розміри судна

Основні відомості про судно «Front Cosmos» наведено в табл.1.1.

Таблиця 1.1 – Основні відомості про судно

1.	Назва судна	Front Cosmos
2.	Тип судна	Crude oil tanker
3.	Позивний сигнал судна	V7FV5
4.	ІМО №	9769817
5.	ММСІ №	538007397
6.	Рік і місце будівництва	05/06/2017 Jingiang, China
7.	Клас реєстру	Lloyd's Register
8.	Порт приписки	Majuro, RMI
9.	Судновласник	Frontline
10.	Менеджмент	V.Ships
11.	Довжина найбільша, (L):(m):	276
12.	Довжина між перпендикулярами, (L _{⊥⊥}):(m):	270.4
13.	Ширина найбільша, (B):(m):	48
14.	Висота борту до верхньої палуби, (H):(m):	24.5
15.	Осадка судна, (T): в повному вантажу (m): в порожньому (m):	в повному – 17.1 в порожньому – 7.8
16.	Водотоннажність: в повному вантажу Δ(t): в порожньому Δo(t):	в повному – 184 133,8 в порожньому – 74 703.6
17.	Повна вантажопідйомність Δw(t):	157 528
18.	Головний двигун: тип потужність частота обертання	MAN 6G70ME – C9.5 15 100 kW(20249 BHP) Max 72 rpm
19.	Режими роботи головного двигуна	Вказано в табл.1.2
20.	Швидкість судна	В повному – 15,41 вуз В порожньому – 17,1 вуз

Продовження табл. 1.1

21.	Гребний гвинт: кількість лопастей діаметр та крок гвинта, (мм) дискове відношення напрямок обертання	2 RAM electrohydraulic gear FPP (fixed pitch propeller) 4 blades 9.0m Right- handed
22.	Тип руля и площа його пера	Semi balanced reaction rudder
23.	Тип стернової машини, підрулюючий пристрій	N/A
24.	Суднова радіостанція	VSAT FBB 8707563214568
25.	Валова реєстрова місткість, (GRT)	82515
26.	Чиста реєстрова місткість, (NRT)	52110
27.	Добова витрата палива: на ходу на стоянці	на ходу важке – 42t на ходу легке – 38t на стоянці – 8t
28.	Координати центру мас порожнього судна	LCG 122.119 m TCG – 0.39 m VCG 13.306 m

Таблиця 1.2 – Режими роботи головного двигуна

Engine order	RPM	SPEED Design condition	SPEED Ballast condition
1	2	3	4
Nav Full ahead	65.7	15.41	17.1
Full ahead	56	13.05	14.82
Half ahead	48	10.86	13.25
Slow ahead	40	9.51	11.24
Dead slow ahead	30	6.58	7.82
Dead slow astern	30	Critical revolution 31.5 – 38 rpm Minimum rpm 18.2, 3.1 knots Time limit astern 30 min Time limit at minimum revolution none min Em`cy full ahead to full astern 600s Stop to full astern 370s Astern power 70% ahead Max no. of consecutive starts 14/2Bottles	
Slow astern	40		
Half astern	48		
Full astern	55		

1.2 Транспортно-експлуатаційні характеристики судна

Схематичний план бокового вигляду судна «Front Cosmos» з розташуванням приміщень для вантажів і запасів наведено на рис. 1.1.

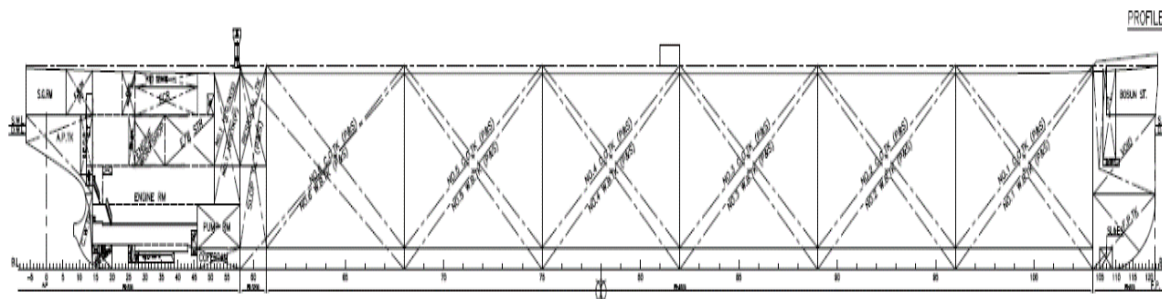


Рисунок 1.1 – Схематичний план бокового вигляду судна «Front Cosmos» з розташуванням приміщень для вантажів і запасів

План верхньої палуби судна «Front Cosmos» (вид зверху) вказано на рис. 1.2.

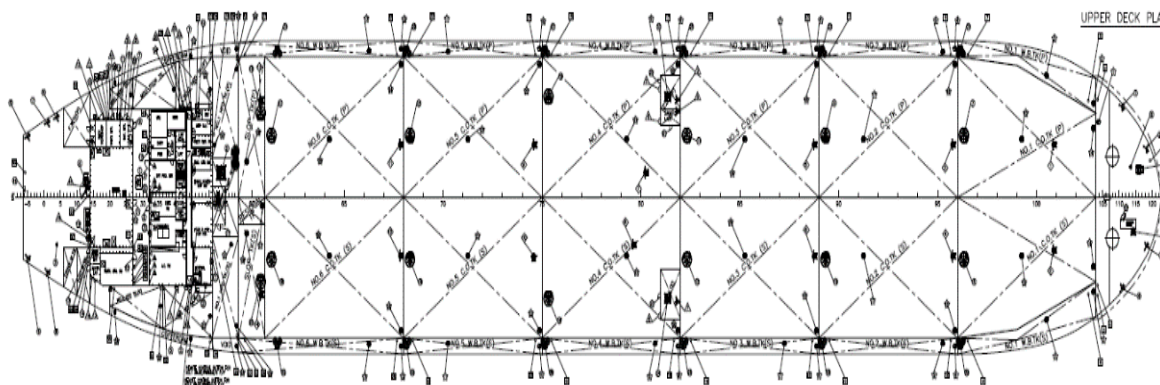


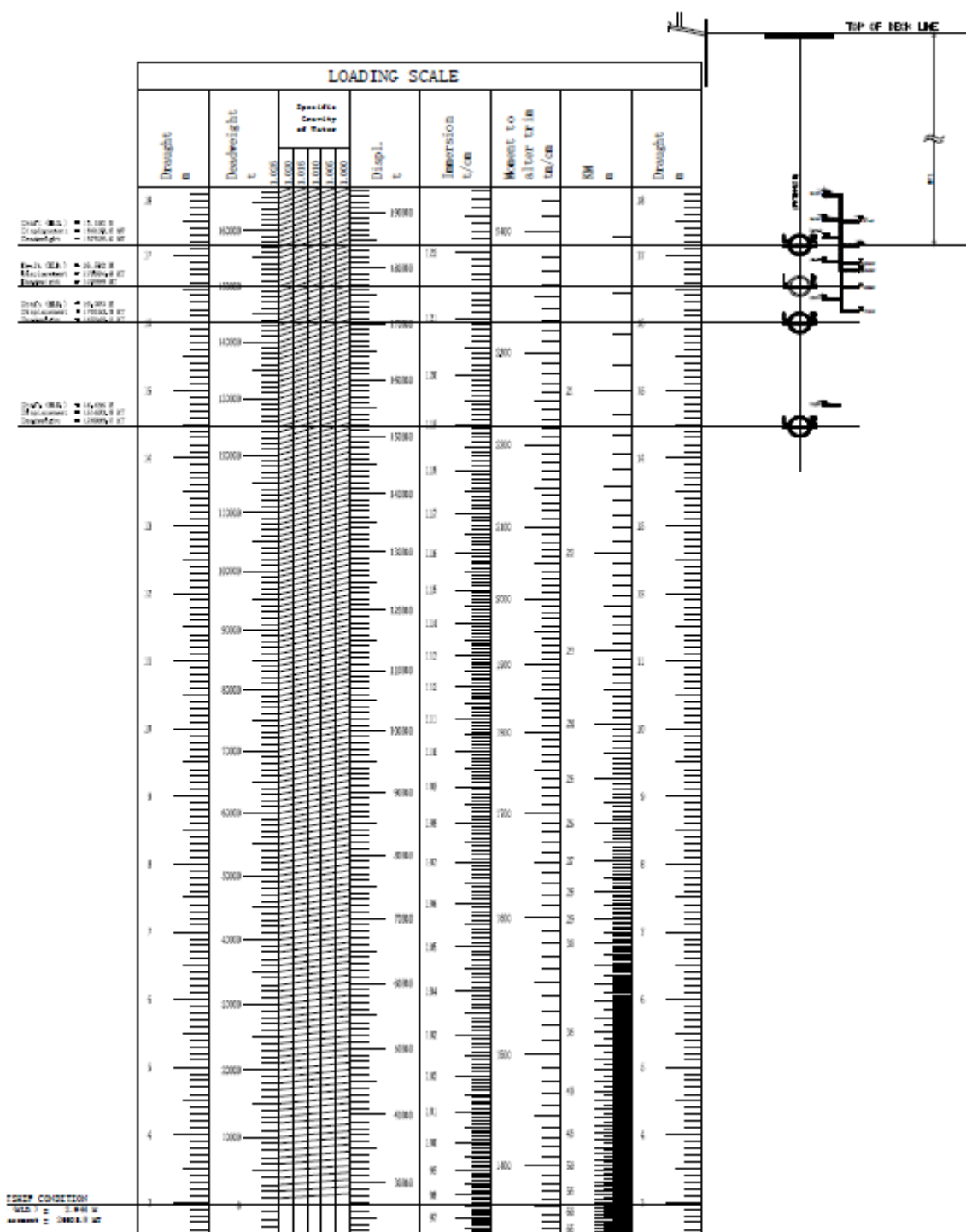
Рисунок 1.2 – Схематичний план бокового вигляду судна «Front Cosmos» з розташуванням приміщень для вантажів і запасів

Вантажну шкалу судна «Front Cosmos» наведено в табл.1.3.

Таблиця 1.3 – Вантажна шкала судна «Front Cosmos»

Marks	Description	Freeboard	Draft	Water density	Displacement	Deadweight
		(mm)	(m)	(t/m ³)	(t)	(t)
S	Summer	6071	17.150	1.025	184133.8	157528.0
F	Fresh water	5694	17.527	1.000	184133.8	157528.0
T	Tropic	5714	17.507	1.025	188500.1	161894.3
TF	Tropic fresh	5337	17.884	1.000	188500.1	161894.3
W	Winter	6428	16.793	1.025	179779.5	153173.7
S	Summer(at 149999t)	6689	16.532	1.025	176604.8	149999.0
F	Fresh water(at 149999t)	6326	16.895	1.000	176604.8	149999.0
T	Tropic(at 149999t)	6345	16.876	1.025	180790.8	154185.0
TF	Tropic fresh (at 149999t)	5982	17.239	1.000	180790.8	154185.0
W	Winter(at 149999t)	7033	16.188	1.025	172429.9	145824.1
S	Summer(at T=16m)	7221	16.000	1.025	170153.8	143548.0
F	Fresh water(at T=16m)	6869	16.352	1.000	170153.8	143548.0
S	Summer(at 124998t)	8767	14.454	1.025	151603.8	124998.0
F	Fresh water(at 124998t)	8448	14.773	1.000	151603.8	124998.0

Продовження табл. 1.3



1.3 Маневрені характеристики

Маневрені характеристики судна «Front Cosmos» наведено у рис. 1.3

1.4 Навігаційне обладнання

Технічні засоби навігації судна та точнісні характеристики ТЗН на судні «Front Cosmos» наведено у табл. 1.4 та 1.5. відповідно.

Таблиця 1.4 – Технічні засоби навігації

Прилад	Марка	Тип
ECDIS	FURUNO	FMD-3300
CLASS A AIS	FURUNO	FA-170
GPS NAVIGATOR	FURUNO	GP-170
GYROCOMPASS	CMZ 900 D	IM 80B10M-17E
DOPLER LOG SONAR	FURUNO	DS-60
NAVIGATIONAL ECHO SOUNDER	FURUNO	FE-800
RADARS X & S BAND	FURUNO	FAR-3210(BB)/3310/3320/ FAR-3220-NXT(BB)/3320-NXT
AUTOPILOT SYSTEM	YOKOGAWA	PT 900
BRIDGE NAVIGATION WATCH ALARM SYSTEM (BNWAS)	FURUNO	BR-500
MAGNETIC COMPASS	YOKOGAWA	MPC 430

Таблиця 1.5 – Точнісні характеристики ТЗН на судні

Прилад	Навігаційні параметри	СКП одного вимірювання
ECDIS	Координати судна (від GPS), прокладений курс, шлях	5-10m
CLASS A AIS	Ідентифікаційні дані, координати, швидкість, курс	5-10 m, швидкість 0.1 вузел
GPS NAVIGATOR	Географічні координати, час, курс, швидкість	5 м (>4 супутників)

Продовження табл. 1.5

GYROCOMPASS	Істинний курс	0.01°-0.025°
DOPLER LOG SONAR	Швидкість відносно дна або води, пройдена відстань	0.2 вузла або 2% виміряного значення
NAVIGATIONAL ECHO SOUNDER	Глибина під кілем	0.3м або 2% від глибини
RADARS X & S BAND	Відстань і пеленг до об'єктів	30м або 1% від дальності, пеленг: 1°
AUTOPILOT SYSTEM	Утримання курсу	0.2°
MAGNETIC COMPASS	Магнітний курс	0.05° - 0.1°

1.5 Забезпечення непотоплюваності

Судно «Front Cosmos» є нафтовим танкером, корпус виконаний за схемою U-подібного двобортного типу (U-shape double hull) з подвійним дном, що з'єднується на кілі, що відповідає вимогам до танкерів для забезпечення підвищеної безпеки при пошкодженнях.

Судно «Front Cosmos» розділене на 14 вантажних танків (COT), а також має 14 баластних танків (WBT), форпик (forward void space) та машинне (насосне) відділення з пустотним простором (pump room void space). Такий поділ забезпечує належний рівень поперечної та поздовжньої водонепроникної поділюваності.

Непотоплюваність судна забезпечується наявністю водонепроникних перебірок, подвійного борту й дна, а також відповідною кількістю непроникних відсіків. У разі аварійного затоплення одного або кількох суміжних відсіків, судно зберігає остійність і плавучість, що підтверджується розрахунками пошкодженої остійності, виконаними згідно з вимогами SOLAS.

Судно «Front Cosmos» обладнане двома баластними насосами типу WBP для проведення операцій з баластування, а також осушувальними насосами типу

Welden, що забезпечують ефективне водовідливання з пошкоджених або затоплених відсіків.

На судні «Front Cosmos» наявні такі документи:

Інформація про непотоплюваність (Damage Stability Booklet) – з результатами розрахунків остійності при пошкодженнях, виконаних за методом втрати плавучості/постійної водотоннажності;

Аварійний план (Damage Control Plan) – з детальним відображенням аварійних сценаріїв, доступів, систем управління клапанами та іншими критичними елементами.

Усі розрахунки пошкодженої остійності виконано згідно з детерміністичним підходом, при якому передбачено затоплення одного або кількох відсіків. При розрахунках враховано вплив вільних поверхонь, прогресивного затоплення, проникнення через трубопроводи, а також втрату вантажу у випадку пошкодження вантажного танка.

Під час аварійного затоплення судно переходить у новий стан рівноваги, в якому компенсація втрати плавучості досягається шляхом осадки, крену та диференту. Остаточна остійність судна у цьому стані оцінюється шляхом побудови кривих моменту відновлення (GZ), визначення метацентричної висоти (GM) та положення центру ваги (KG).

РОЗДІЛ 2

АНАЛІЗ, ОЦІНКА ТА ПЛАНУВАННЯ НАВІГАЦІЙНОГО ПЕРЕХОДУ

2.1 Загальні вимоги до аналізу та плануванню навігаційного переходу

Планування рейсу судна (Passage Plan) є ключовим елементом безпечного управління судном та забезпечення дотримання міжнародних вимог щодо навігаційної безпеки. Загальні вимоги та рекомендації щодо планування переходу містяться в документах:

- Міжнародна Конвенція з охорони людського життя на морі 1974 р. (SOLAS-74), розділ V «Безпека мореплавства» [34];
- Конвенція та Кодекс з підготовки і дипломування моряків та несення вахти (STCW-78 з поправками), розділ VIII [35];
- Резолюція ІМО А.893 (21) «Керівництво по плануванню рейсу» [30];
- Рекомендації по організації штурманської служби на морських суднах України;
- Bridge Procedures Guide [12];
- Bridge Team Management.

План рейсу охоплює весь перехід від моменту виходу з причалу порту відправлення до швартування у порту призначення. Він враховує всі етапи плавання, включно з ділянками, де передбачається наявність лоцмана на борту. Процес планування безпечного переходу включає чотири послідовні стадії, що виконуються одна за одною (рис 2.1).

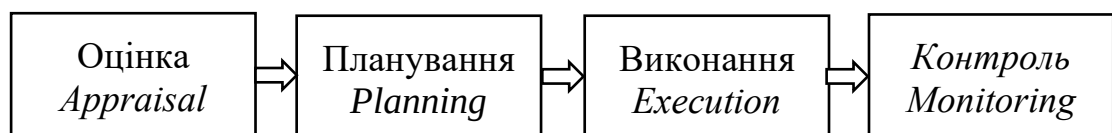


Рисунок 2.1 – Стадії планування безпечного переходу

Відповідальність за складання та реалізацію плану покладається на штурмана (Navigating Officer) під контролем капітана судна [12].

На першому етапі (оцінка) здійснюється збір і систематизація всієї інформації, необхідної для передбачуваного переходу (рис 2.1). До неї належать:

- технічний стан судна та обладнання, допустимі осадки, обмеження маневрових характеристик, навігаційні дані та можливі обмеження операційного характеру;
- відомості про екіпаж, включно з достатністю чисельності, кваліфікацією, наявністю чинних сертифікатів та станом відпочинку [13];
- наявність оновлених судових документів, сертифікатів на обладнання, екіпаж, пасажирів та вантаж;
- актуальні навігаційні карти (паперові або електронні), морські публікації, «Notice to Mariners», TSS та маршрути плавання;
- метеорологічні дані, припливно-відпливні таблиці, інформація щодо екологічних зон обмежень, зокрема Emission Control Areas (ECA), особливо чутливі морські райони (PSSA) та райони міграції китів [33]. Планування повинно також враховувати вимоги щодо охорони морського середовища, відповідно до положень SOLAS, розділ V, регламент 34.2.4, який вимагає уникати дій, що можуть призвести до шкоди довкіллю.

На наступному етапі (планування) створюється детальний план переходу «від причалу до причалу», із відображенням усіх небезпечних ділянок, зон обмеженої маневреності, районів із низьким рівнем точності карт (CATZOC) та передбачених умов обмеженої видимості (див. рис 2.1). На навігаційних картах мають бути чітко позначені напрямки курсу у дійсних азимутах (360°), перетини систем розділення руху відповідно до Правила 10(с) Міжнародних правил попередження зіткнень суден (COLREGs) [14], радіолокаційно помітні орієнтири для визначення місцезнаходження, межі безпечного маневрування (No-Go Areas), райони для аварійного відходу (Abort Positions), мінімальна глибина під кілем (UKC) для кожної критичної ділянки, з урахуванням припливів і похибок карт [6].

Особлива увага приділяється плануванню швидкісного режиму, змінам стану енергетичної установки, переходам на низькосірчисте паливо (LSFO), точкам переключення керма (Wheel-over points), а також передбаченню запасних варіантів маршруту у випадку аварії або погіршення погодних умов. Кожен план рейсу повинен бути затверджений капітаном судна та доведений до відома всіх вахтових офіцерів і старшого механіка. Усі деталі фіксуються у формах Passage та UKC Form.

Етап виконання (див. рис 2.1). передбачає реалізацію затвердженого плану з урахуванням гнучкості для внесення змін за потреби. Будь-які відхилення або коригування маршруту повинні бути погоджені з капітаном, задокументовані у відповідних формах і супроводжуватись повторною оцінкою ризиків. Причинами внесення змін можуть бути зміни метеорологічних умов, несправність навігаційного обладнання, необхідність участі в пошуково-рятувальних операціях (SAR) або зміна пункту призначення [39]. Короткочасні відхилення курсу чи швидкості, необхідні для уникнення небезпеки або дотримання COLREGs, допускаються, але судно має повернутись на запланований маршрут одразу після усунення загрози. Основний принцип – безпека має перевагу над будь-якими плановими зобов'язаннями.

Відповідно до вимог SOLAS V/Reg. 34 [34] та Резолюції ІМО А.893(21) [30], капітан і вахтові офіцери не повинні залишатися прив'язаними до попереднього плану дій, якщо поточні обставини вимагають його перегляду. Моніторинг передбачає постійне спостереження за положенням судна, перевірку точності даних ECDIS, порівняння з радарними, візуальними та GPS-спостереженнями. ECDIS забезпечує широкий спектр функцій для контролю безпечного плавання: масштаб карти, радарне накладення, паралельне індексування, історію траєкторії, прогнозоване місце розташування (Dead Reckoning) [15]. Важливим є перехресне звірення позиції за допомогою різних методів – візуальних орієнтирів, радара, параметрів DOP, відношення сигнал/шум (SNR). Ці перевірки мають фіксуватись на електронних навігаційних картах (ENC) через функції «Entering Position», «Event Mark» або «User Map

Editor» залежно від типу системи. З метою запобігання втраті даних або спотворенню інформації оператори повинні використовувати карти у найбільшому доступному масштабі. Автоматична фільтрація (SCAMIN) може приховувати певні об'єкти при зміні масштабу, що є потенційним фактором ризику. Усі вахтові офіцери мають бути ознайомлені зі специфікою роботи ECDIS, зокрема з колірними схемами глибин і позначеннями небезпечних об'єктів. Необхідно проводити щотижневе резервне копіювання даних переходу, що дає змогу аналізувати маршрут після завершення рейсу, виявляти ділянки з підвищеним трафіком та оцінювати ефективність плану [28].

План переходу є ключовим елементом безпечного та ефективного здійснення морського перевезення. У відповідності до вимог сучасної морської навігації та рекомендацій ІМО (Міжнародної морської організації) повний план поділяється на три основні етапи [30]:

1. Вихід із порту відправлення до початку морської ділянки переходу.
2. Морська ділянка переходу.
3. Підхід до порту призначення від закінчення морської ділянки переходу.

Вихід із порту відправлення Танджунг- Пелепас до початку морської ділянки переходу. Початковою точкою рейсу є акваторія поблизу порту Танджунг- Пелепас, Малайзія. Географічні координати точки відходу: $01^{\circ} 17.412' \text{ N} / 103^{\circ} 24.203' \text{ E}$. Вихід судна заплановано на 05 серпня 2025 року о 06:27 за місцевим часом (UTC+8). На даному етапі особлива увага приділяється маневруванню в припортовій акваторії, а також безпечному проходженню вузьких проток і каналів, зокрема протоці Джохор та подальшому виходу в Сінгапурську протоку (Singapore Strait), яка є однією з найбільш завантажених судноплавних артерій у світі. Необхідно враховувати високу інтенсивність руху, обмежену маневреність суден в обмежених умовах, а також дотримання правил, встановлених Регламентом запобігання зіткненням суден у морі (МППЗС-72) [14].

Морська ділянка переходу проходить через акваторії Південно-Китайського моря, Жовтого моря та Японського моря. Загальна довжина

маршруту становить 2,640.47 морських миль. Орієнтовна тривалість морського переходу – 7 днів 8 годин 41 хвилина, за умови середньої експлуатаційної швидкості судна.

Підхід до порту призначення (Ульсан) після закінчення морської ділянки переходу. Заключна фаза переходу передбачає підхід до порту Ульсан, Республіка Корея. Географічні координати пункту призначення: 35° 29.630' N / 129° 23.608' E. Прибуття судна заплановано на 12 серпня 2025 року о 15:08 за місцевим часом (UTC+9). Ульсан є одним з найбільших промислових та нафтоналивних портів Південної Кореї. При підході до порту необхідно дотримуватись інструкцій місцевої лоцманської служби, враховувати інтенсивний портовий трафік, можливу присутність буксирів, а також чинні вимоги щодо заходу до контрольованих зон (VTS - Vessel Traffic Services).

2.2 Оцінка запланованого переходу

Оцінемо перехід на етапі «Passage Plan Appraisal» із використанням навігаційних карт, посібників і публікацій на заданий перехід. Зазвичай використовуємо Каталог Адміралтейських карт і публікацій (Catalogue of Admiralty Charts and Publications), в умовах нашого переходу ми використовуємо Адміралтейські векторні карти (AVCS) для електронних систем відображення навігаційних карт та інформації (ECDIS). Перелік карт на перехід наведено у табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Перелік карт на перехід

Тип карти (ENC)	Номер	Назва карти	Масштаб
1	2	3	4
Approach	MY4C5123	Sekitar Perairan Pelabuhan Tanjung Pelepas	1:22000
Approach	MY4C5129	Pulau Pisang to Raffles Lighthouse	1:45000
Approach	MS4IK2RL	Iyu Kechil to Raffles Lighthouse	1:45000

Продовження табл. 2.1

1	2	3	4
Coastal	ID300013	Indonesia;Sumatera-Pantai Timur Tanjung Parit Pulau Bengkalis hingga Selat Durian	1:180000
Coastal	MS3IK2EB	Malacca & Singapore Strait	1:180000
General	MY2C0054	Pulau Jarak – Tanjung Piai	1:350000
Overview	KR1SW000	South China Sea	1:2000000
Overview	JP13DRU0	South China Sea 1	1:3000000
Approach	ID40013A	Indonesia.Sumatera – Pantai Timur Riau Alur Masuk Pulau Karimun Besar.	1:22000
Harbour	SG5C4039	Western Approaches to Main Strait	1:22000
Coastal	ID300040	Indonesia;Sumatera-Pantai Timur Pulau-Pulau Riau dan Pulau-Pulau Lingga	1:180000
General	ID200103	Singapura hingga Selat Bangka	1:350000
Harbour	SG5C4036	Raffles Lighthouse to The Sisters	1:8000
Approach	MS4BR2JS	Buffalo Rock to Johor Shoal	1:45000
Harbour	SG5C4041	Pulau Sebarok to Changi	1:22000
Harbour	SG5C4037	Keppel Harbour Tanjong Pagar Terminal and Approaches	1:8000
Approach	MS4NS2EB	Nongsa to Eastern Bank	1:45000
General	ID202869	South China Sea – Outer Approaches to Singapore Strait	1:350000
Coastal	ID300430	Indonesia.Laut Cina Selatan.Pulau Tokong Malangbiru hingga Pulau Bintan.	1:180000
Coastal	I MY3C0625	Teluk Mahkota – Pulau Tioman	1:180000
Overview	JP13DS14	South China Sea 2	1:3000000
Coastal	ID300423	Indonesia.Laut Natuna.Pulau-Pulau Anambas.	1:180000
Coastal	ID300422	Indonesia.Laut Natuna.Pulau Semiun hingga Pulau Timau.	1:180000
Coastal	C1317900	Northern Part of Shuangzi Qunjiao	1:250000
Coastal	C1317600	Approaches to Zhongnan Ansha	1:250000
Coastal	C1317400	Sea Area West of Huangyan Dao(Minzhao Jiao)	1:250000
Coastal	C1317301	Xianfa Ansha and West Sea Area	1:250000
Overview	KR1M0000	South China Sea	1:2000000
General	GB204411	South China Sea – Scarborough Reef	1:350000
General	PH2NLZ40	Philippines – Manila Bay to Taiwan	1:350000
Coastal	1U320200	SOUTH CHINA SEA 20N 120E	1:180000
Approach	1U421210	SOUTHEAST OF BASHI CHANNEL	1:45000
Coastal	1U321210	BASHI CHANNEL SOUTHEAST OF TAIWAN	1:180000
Approach	1U421212	EAST OF BASHI CHANNEL	1:45000
General	GB204410	Philippine Islands and Taiwan – Oluan Bi	1:350000
Approach	1U421213	SOUTHEAST WATERS OF LANYU	1:45000

Продовження табл. 2.1

1	2	3	4
Approach	1U422211	WATERS SOUTHEASTWARD OF LANYU	1:45000
Coastal	1U322210	WATERS SOUTHEASTWARD OF LANYU	1:180000
Overview	KR1N0000	South China Sea	1:2000000
Approach	1U422220	WATERS EASTWARD OF LANYU	1:45000
Coastal	1U322220	WATERS EASTWARD OF LUDAO AND LANYU	1:180000
Approach	1U422221	WATERS EASTWARD OF LUDAO	1:45000
Coastal	1U322230	WATERS EASTWARD OF TAIWAN	1:180000
General	JP248NF0	East China Sea 1	1:700000
Coastal	JP34B5JC	Nansei Shoto 6	1:180000
Coastal	JP34CCLC	Nansei Shoto 10	1:180000
Coastal	C1314200	Diaoyu Dao and Its Affiliated Islands	1:250000
Overview	JP148NF0	Adjacent Seas of Japan 5	1:1500000
Overview	KR1J0000	Adjacent Seas of Korea	1:2000000
General	JP248NFG	Offing of Nansei Shoto 1	1:700000
General	JP24DJNG	East China Sea 3	1:350000
Coastal	C1313000	Changjiang Kou to Minjiang Kou	1:750000
General	KR2J2000	South Coast of Korea	1:500000
General	JP24IFVG	East China Sea 5	1:350000
Coastal	JP34KU3S	Kyushu 8	1:180000
General	KR2F4000	West Coast of Korea	1:500000
Overview	JP14IFV0	Adjacent Seas of Japan 10	1:1500000
Overview	KR1F0000	Western Part of Korea	1:2000000
Coastal	KR3F4P00	Approaches to Jejudo	1:250000
Coastal	JP34KU40	Kyushu 9	1:180000
Coastal	JP34M560	Kyushu 14	1:180000
Coastal	JP34NC80	Kyushu 18	1:180000
General	JP24IG00	East China Sea 6	1:350000
Coastal	JP34NC84	Kyushu 19	1:90000
Coastal	KR3G3F00	Korea Strait	1:250000
Approach	KR4G3F10	Approaches to Geoje-do	1:75000
General	KR2G3000	Korea Strait	1:500000
Approach	KR4G3B30	Approaches to Daebyeon Hang	1:75000
Coastal	KR3G3B00	Yeongdo to Guryongpo	1:250000
General	JP24NC80	Japan Sea 1	1:350000
Overview	JP14IG00	Adjacent Seas of Japan 11	1:1500000
Overview	KR1G0000	Eastern Part of Korea	1:2000000
Berthing	KR659C29	Ulsan Man	1:5000
Harbour	KR5G332B	Ulsansin Hang	1:25000
Berthing	KR659C30	Ulsan Man	1:5000
Berthing	KR65919C	Ulsan Man	1:5000
Berthing	KR65918C	Ulsan Hang	1:5000
Berthing	KR659C09	Bangeojin Hang	1:5000
Berthing	KR65908C	Onsan Hang	1:5000

Продовження табл. 2.1

1	2	3	4
Harbour	ID500044	Indonesia.Pulau-Pulau Riau.Alur Pelayaran Sekupang dan Batuampar.	1:22000
Harbour	ID501062	PELABUHAN NONGSA	1:12000
Approach	KR4G3B10	Approaches to Eupcheon Hang	1:75000
Harbour	KR5G3B14	Mipo Hang	1:25000
Berthing	KR65920C	Ulsan Man	1:5000
Berthing	KR65928C	Ganjeolgot	1:5000
Berthing	KR65998A	Ulsan Hang	1:5000
Berthing	KR65999A	Ulsan Hang	1:5000
Approach	MY4C6147	Sekitar Perairan Timur Johor	1:45000
Berthing	MY6B6122	RAPID PENDERANG	1:4000
Harbour	SG5C4035	Western Anchorages Jong Fairway and Cruise Bay	1:22000

Проведемо аналіз публікацій на перехід. Отримані показники наведено у табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Перелік публікацій на перехід

Тип карти	Номер	Назва посібника
1	2	3
ENP	e-NP44	Malacca Strait and West Coast of Sumatera Pilot
ADLL	Area 5	Red Sea, the Gulf and Indian Ocean (northern part)
ADRS6	Area 5	Red Sea, the Gulf & Indian Ocean (northern part)
ATT	Area 5	Indian Ocean (Northern Part) and Red Sea to Singapore
ADRS1345	Area 2	Digital Radio Signals Vol 1,3,4,5 Area 2
ADRS2	Area 2	Digital Radio Signals Vol 2 Area 2
ADLL)	Area 6	Singapore to Sea of Okhotsk and Philippines (W coast)
ADRS6	Area 6	Singapore to Sea of Okhotsk & Philippines (W coast)
ATT	Area 6	Singapore to Japan
ENP	e-NP31	China Sea Pilot Vol 2
ENP	e-NP30	China Sea Pilot Vol 1
ENP	e-NP32A	China Sea Pilot Vol 3
ENP	e-NP42C	Japan Pilot Vol 4
ENP	e-NP43	South and East Coasts of Korea East Coast of Siberia and Sea of Okhotsk Pilot
ENP	e-NP100	The Mariner's Handbook
ENP	e-NP136(1)	Ocean Passages for the Atlantic Ocean
ENP	e-NP136(2)	Ocean Passages for the Indian and Pacific Oceans
ENP	e-NP231	ADMIRALTY Guide to the Practical Use of ENCs
ENP	e-NP232	ADMIRALTY Guide to ECDIS implementation, Policy
ENP	e-NP234A	Cumulative list of ADMIRALTY Notice to Mariners January
ENP	e-NP234B	Cumulative list of ADMIRALTY Notice to Mariners June
ENP	e-NP247(1)	Annual Summary of Notices to Mariners Part 1

Продовження табл. 2.2

1	2	3
ENP	e-NP247(2)	Annual Summary of Notices to Mariners Part 2
ENP	e-NP294	How to Keep Your ADMIRALTY Products Up-to-Date
ENP	e-NP314-25	The Nautical Almanac - 2025
ENP	e-NP36	Indonesia Pilot Vol 1
ENP	e-NP5011	Symbols and Abbreviations used on Admiralty Paper Charts
ENP	e-NP5012	Admiralty Guide to ENC Symbols used in ECDIS
ENP	e-NP735	IALA Maritime Buoyage Systems

2.2.1 Підготовка для прийому та обміну навігаційною інформацією на переході

Проаналізуємо навігаційну інформацію, що передається за допомогою GMDSS та факсимільних гідрометеорологічних карт [3]. Радіостанції факсимільних гідрометеорологічних передач наведено в табл.2.3.

Таблиця 2.3 – Радіостанції факсимільних гідрометеорологічних передач

№	Радіостанція	Координати	Зміст передачі	Час передачі
1	2	3	4	5
1	Singapore, Changi	01°20,65`N 103°58,35`E	Maritime forecast for next 24 hrs, together with associated marine weather, tidal and astronomical data, in English.	[0020 1220] 12 hour forecast for Areas Phuket, Melaka, Tioman, Bunguran, Condore, Reef.
2	Ho Chi Minh	10°23,7`N 107°08,65`E	Marine weather forecasts in English and Vietnamese.	[1150 2350] Weather bulletins in English.
3	Miri Sarawak	01°20,65`N 103°58,35`E	Marine weather forecast in Malayan and English.	[0310 1510] Weather bulletins.
4	Nha Trang	12°13,65`N 109°10,87`E	Marine weather forecasts in English and Vietnamese.	[0020 1220] Weather bulletins in English and Vietnamese.
5	Da Nang	16°03,33`N 108°09,42`E	Marine weather forecasts in English and Vietnamese.	[0140 1340] Weather bulletins in English.
6	Manila	14°30,33`N 121°03,9`E	Shipping synopsis and forecast in English.	[0130 0530 0930 1330 1730 2130] Weather bulletins.

Продовження табл. 2.3

1	2	3	4	5
7	Sanya	18°17,49`N 109°21,8`E	Marine weather forecasts and warnings in Chinese and English.	[0200 0600 1000 1400 1800 2200] Navigational Warnings in English.
8	Hong Kong	22°12,57`N 114°15,03`E	Marine weather forecasts and warnings in Chinese and English.	[0150 0550 0950 1350 1750 2150] Storm warnings and weather synopsis and 24 hour forecast for Sea Areas
9	Linyuan	14°30,33`N 121°03,9`E	Maritime weather information and predictions for coastal shipping routes around Taiwan, modelled on weather buoy data, in Chinese and English.	[0230 1030 1830] 24 hour forecast for all Sea Areas.
10	Chi-Lung	25°08,09`N 121°45,29`E	Maritime weather information and predictions for coastal shipping routes around Taiwan, modelled on weather buoy data, in Chinese and English.	[0630 1430 2230] 24 hour forecast for all Sea Areas.
11	Naha	26°05,48`N 127°40,13`E	Marine forecasts in English and Japanese. In winter, sea ice forecasts and bulletins are also issued for the Sea of Okhotsk	[10100 0500 0900 1300 1700 2100] Weather synopsis, 12 and 24 hour forecast, 48 hour forecast (only for typhoon) in English.
12	Shanghai	31°06,79`N 121°32,79`E	Marine weather forecasts and warnings in Chinese and English.	[1040 1840] Gale warnings and weather synopsis for East Asia, 24 hour forecast for Sea Areas 1–14 and Shanghai Harbour in English.
13	Moji	34°00,90`N 130°56,10`E	Marine forecasts in English and Japanese. In winter, sea ice forecasts and bulletins are also issued for the Sea of Okhotsk	[0110 0510 0910 1310 1710 2110] Weather synopsis, 12 and 24 hour forecast, 48 hour forecast (only for typhoon) in English.
14	Jukbyeon	37°03,49`N 129°25,77`E	Real time coastal data including tidal and meteorological information, in Korean and English.	[0330 0730 1130 1530 1930 2330] Weather bulletins in English.

Вибираємо інформацію про райони NAVAREA і станції NAVTEX за маршрутом переходу [4], отримані дані зводимо в табл. 2.4.

Таблиця 2.4 – Райони NAVAREA та станції NAVTEX на переході

№	Ділянка переходу	РАЙОН NAVAREA	NAVTEX	NAVAREA
1	2	3	4	5
1	Singapore	XI	Singapore (Changhi) [C] (518.0 KHz)	Japan
2	Japan	XI	Naha [G] (518.0 KHz)	Japan
3	Japan	XI	Moji [H] (518.0 KHz)	Japan
4	Vietnam	XI	Da Nang [K] (518.0 KHz)	Japan
5	Taiwan	XI	Chi-lung [P1] (518.0 KHz)	Japan
6	Taiwan	XI	Linyuan [P2] (518.0 KHz)	Japan
7	Malaysia	XI	Miri (Sarawak) [T] (518.0 KHz)	Japan
8	Malaysia	XI	Penang [U] (518.0 KHz)	Japan
9	Korea, South	XI	Jukbyeon [V] (518.0 KHz)	Japan
10	Korea, South	XI	Pyonsan (Byeonsan) [W] (518.0 KHz)	Japan
11	Vietnam	XI	Ho Chi Minh [X] (518.0 KHz)	Japan

Визначимо наявність по маршруту контрольних постів, районів, де здійснюється управління рухом суден постами СУРС (Reporting Areas) [5] а також обґрунтуємо зв'язок з контрольними станціями і постами, зв'язок з лоцманськими станціями і операторами терміналів в портах. Отримані відомості систематизуємо в табл. 2.5 та 2.6.

Таблиця 2.5 – Зв'язок на переході

№	Станція	Спосіб зв'язку	Канали, частоти	Примітки
1	2	3	4	5
1	Lima Johor	VHF	16, 65	Report when Leaving/ Entering VTIS Area
2	VTIS West	VHF	16, 73	Report when Leaving/ Entering VTIS Area
3	VTIS Central	VHF	16, 14	Report when Leaving/ Entering VTIS Area
4	VTIS East	VHF	16, 10	Report when Leaving/ Entering VTIS Area
5	Naha	VHF	16, 12	Okinawa Coastguard Zone
6	Ulsan VTS	VHF	10, 16	Report when crossing reporting line
7	Ulsan Pilot	VHF	16, 13	Compulsary for all vessels

Таблиця 2.6 – СУРС по маршруту переходу

№	СУРС	Станція	VHF	Примітки
1	2	3	4	5
1	Ship Reporting Systems	Malacca And Singapore Straits (Straitrep)	73,14,10	Malaysia
2	Ship Reporting Systems	Information fusion Centre – voluntary Community Reporting area	16	Ship Reporting Systems
3	Ship Reporting Systems	AMVER	16	Ship Reporting Systems
4	Ship Reporting Systems	Indonesia – ship Reporting system (SRS)	16,73	Indonesia
5	Ship Reporting Systems	SINGAPORE	73,14,10,16	Singapore, Port
6	Ship Reporting Systems	China – Ship Reporting System (CHISREP)	16	China
7	Ship Reporting Systems	Japan – ship Reporting system (JASREP)	16	Japan
8	Ship Reporting Systems	Korea, south – ship Reporting system (KOSREP)	16	Korea, South
9	Ship Reporting Systems	ULSAN	16,73	Korea, South

На маршруті переходу з порту Танджунг-Пелепас (Малайзія) до порту Ульсан (Південна Корея) судно проходить через ряд високонавантажених і стратегічно важливих навігаційних зон, зокрема – Малаккську протоку, акваторії Сінгапуру, Південно-Китайське море, Східнокитайське море, а також підходи до південного узбережжя Кореї. Це вимагає ретельної організації зв'язку, дотримання правил звітності та використання суднових систем управління рухом (VTS/VTIS). На підставі аналізу навігаційної інформації, представлено повне та достатнє інформаційне забезпечення для безпечного проходження маршруту від Tanjung Pelepas до Ulsan. У таблицях наведені: Основні VHF-станції з чітко визначеними каналами зв'язку для кожної ділянки маршруту (VTIS, берегова охорона, пілотські служби); Системи управління рухом суден

(СУРС), включаючи міжнародні та національні системи звітності (STRAITREP, JASREP, KOSREP тощо), що охоплюють увесь перехід. Це свідчить про високий рівень організації зв'язку та контролю, що забезпечує надійний моніторинг руху судна, оперативне реагування у разі потреби та сприяє забезпеченню безпеки мореплавства протягом усього маршруту.

2.2.2 Збір та аналіз гідрометеорологічної інформації

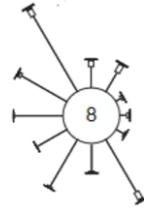
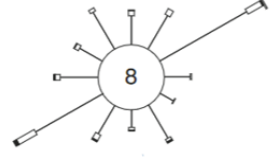
Проаналізуємо гідрометеорологічні умови по маршруту плавання [23, 53].

Гідрометеорологічна характеристика погодних умов, що очікуються на переході та включає: атмосферний тиск за багаторічними даними на переході, повторюваність напрямків вітру у відсотках, повторюваність різних швидкостей вітру, повторюваність штилів наведено в табл. 2.7.

Таблиця 2.7 – Атмосферний тиск і розшифровка «роз вітрів»

Характеристики за ділянками	Ділянка №1			Ділянка №2			Ділянка №3		
1	2			3			4		
Атмосферний тиск, гПа	1012			1008			1010		
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	3	2	-	5	5	-	10	10	-
NE	3	3	-	5	5	-	25	10	-
E	4	5	5	5	5	-	5	10	10
SE	20	25	25	20	30	30	10	15	30
S	30	25	40	15	10	5	10	15	15
SW	20	25	20	15	10	15	20	15	30
W	10	9	10	10	5	-	10	15	15
NW	10	6	-	25	30	50	10	10	-

Продовження табл. 2.7

1	2		3		4	
Результуючий вітер	направлення, у румбах	SE	направлення, у румбах	W	направлення, у румбах	S
	швидкість, м/с	3	швидкість, м/с	5	швидкість, м/с	5
Максимальна швидкість вітру, м/с	спостережена	3	спостережена	4	спостережена	4
	розрахункова	4	розрахункова	6	розрахункова	5
Повторюваність штилів, %	30		10		10	
Схема «рози вітрів»						

Проаналізуємо видимість, водний і тепловий режими атмосфери, гідрологічні характеристики. Визначимо температури повітря і води, вологість, повторюваність туманів і видимості менше двох миль, хмарність, основні характеристики течій і хвиль району [53]. Отримані дані наведено в табл. 2.8.

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

Характеристики за ділянками		Ділянка №1	Ділянка №2	Ділянка №3
1		2	3	4
Температура повітря, °C		31 °C	28 °C	25 °C
Температура води, °C		29 °C	27 °C	24 °C
Відносна вологість, %		80%	80%	82%
Повторюваність туманів, %		5 %	10 %	15 %
Видимість менше 2 миль		5%	5%	10%
Хмарність, бали		7	6	7
Солоність води, ‰		30‰	29‰	33‰
Щільність води, г/см ³ (або кг/м ³)		1.025 г/см ³	1.025 г/см ³	1.025 г/см ³
Постійні течії	назва	Сінгапурська	Куросіо	Цусіма
	термодинамічна характеристика	Тепла	Тепла	Тепла
	направлення	S	N – NE	N
	швидкість, вузли	0.3 - 0.7	0.5 – 1.5	1-3
	стійкість	Змінна	Дуже висока	Висока
Швидкість припливних течій, вузли		1.5	1.1	0.8
Висота хвиль, м	середня	0.4	0.8	0.7
	максимальна	1.5	1.8	1.4
Період хвиль, с		4-5	4-7	3-8

Проаналізуємо небезпечні явища погоди. Морський перехід з точки відправлення Танджунг-Пелепас, Малайзія до порту Ульсан, Південна Корея, проходить через кілька кліматично складних регіонів Західної частини Тихого океану, що характеризуються змінними погодними умовами, особливо у літній сезон [53]. У серпні в даному регіоні можливі наступні небезпечні або особливі погодні явища, які можуть ускладнити навігацію (див. табл. 2.9).

Таблиця 2.9 – Небезпечні явища погоди

Явище	Район виникнення	Умови виникнення	Інтенсивність	Тривалість
1	2	3	4	5
Тайфун	Західна частина Тихого океану, особливо на підході до Корейського півострова	Вологе та тепле повітря, низький тиск, сезонна циклонічна активність (липень-жовтень)	Вітер > 64 вузлів, хвилі до 10-12 м	Від кількох годин до кількох діб
Мусонні вітри	Південно-Китайське море, район екватора	Літній південно-західний мусон	Постійний вітер 20–30 вузлів, хвилі до 4-6 м	До кількох днів
Зливи і шквали	Тропічна зона, Сінгапурська протока, Південнокитайське море	Локальна нестабільність атмосфери, висока вологість	Зниження видимості до 1-2 кабельтових, шквали до 40 вузлів	30 хв – 2 год
Туман	Жовте море, Східно-Китайське море (особливо вранці)	Перепад температури повітря і води, штиль	Видимість < 0.5 км	1 – 4 години
Грози	Всі тропічні широти маршруту	Конвективна діяльність у другій половині дня	Інтенсивні опади, шквали, електричні розряди	1 – 3 години
Хвилювання	Всі відкриті ділянки маршруту	Сильні вітри, особливо при проходженні фронтів	Висота хвиль до 6-10 м у тайфун	Від кількох годин до кількох діб

У разі загрози тайфуну передбачено постійне оновлення метеоінформації з офіційних джерел, прокладання маршруту з урахуванням зони дії циклону з уникненням небезпечних квадрантів, своєчасну зміну курсу або швидкості з

метою виходу із зони впливу циклону, а також підготовку екіпажу та судна до можливих аварійних ситуацій.

У штормових умовах необхідним є зменшення швидкості для зниження навантаження на корпус, вибір оптимального курсу відповідно до напрямку хвиль, належне баластування судна для покращення його остійності та обмеження перебування екіпажу на відкритих палубах [53].

За умов туману та обмеженої видимості передбачається зниження швидкості згідно з вимогами правил МППЗС-72, використання відповідних звукових сигналів, посилене візуальне та радарне спостереження, а також активне застосування навігаційних систем для виявлення навколишніх цілей.

Під час грози та шквалів доцільним є уникнення грозових осередків за допомогою метеолокаторів та візуального контролю, зменшення швидкості, надійне кріплення вантажу і вжиття заходів для захисту електронного обладнання від впливу атмосферних розрядів.

2.2.3 Збір та аналіз навігаційної інформації при прибрежному плаванні

Проаналізуємо навігаційну та загальну інформація щодо портів, місць лоцманської проводки, якірні стоянки.

Танджунг-Пелепас

Порт Танджунг-Пелепас є одним із ключових глибоководних транспортно-логістичних вузлів Південно-Східної Азії, розташованим на південному заході півострова Малакка, біля гирла річки Пулаї, штат Джохор, Малайзія [8]. Порт функціонує у статусі вільної економічної зони (Free Zone Transshipment Port) та забезпечує регулярне сполучення з портами Сінгапуру, Індонезії та інших країн регіону [50]. Географічне положення (приблизно 01°21'N, 103°32'E) забезпечує безпосередній доступ до головних судноплавних шляхів Малаккської протоки, яка входить до системи міжнародного морського коридору STRAITREP [31].

Гідрографічні та навігаційні особливості. Підхід до порту здійснюється з боку північно-західного сектора Singapore Western Boarding Ground, у зоні перетину потоків системи розділення руху суден (Traffic Separation Scheme – TSS) [3]. Рекомендовано використовувати офіційні навігаційні карти ВА 3833, ВА 4038, ВА 8284, а також національну карту РТР Nautical Chart MAL 5123 [46].

Довжина підхідного каналу становить 6,7 морських миль, ширина – 420 метрів, глибина – 16,0 м від рівня умовного нуля (CD), що забезпечує безпечний двосторонній рух суден. Центр фарватеру позначений секторними вогнями (sector lights) і ведучими створними орієнтирами (leading lights), а буї розташовані відповідно до системи IALA Region A [27]. Поворотний басейн має діаметр 600 метрів, що дозволяє здійснювати розворот суден типу Suezmax і VLCC із використанням буксирного забезпечення. Порт знаходиться в межах операційного району системи STRAITREP, тому кожне судно зобов'язане підтримувати постійний зв'язок із системою управління рухом (Vessel Traffic Management System – VTMS).

Лоцманська проводка є обов'язковою для всіх суден довжиною понад 150 метрів або з осадкою більше 10 метрів [49].

Лоцмани працюють цілодобово. Посадка лоцмана здійснюється у точці $01^{\circ}14.7'N$, $103^{\circ}32.2'E$, очікувальна якірна стоянка – за 1 милю на схід від цієї позиції. Зв'язок підтримується через VHF-канали 01, 16, 64, 76, 83 (позивний РТР Control). Всі рухи суден у межах акваторії контролюються Port Vessel Traffic Control Centre, обладнаним радарною системою Port Radar System (PRS) [3, 5]. Заявка на лоцмана подається не пізніше ніж за 3 години до прибуття або відходу судна, із зазначенням ЕТА, осадки, останнього порту заходу та типу вантажу [30].

Буксирне забезпечення. Усі буксири порту оснащені двигунами потужністю близько 3200 к.с. та мають тягу на кнехті 40 т [59]. Для суден довжиною менше 150 м використовується один буксир; понад 150 м – два буксири.

Для танкера (довжина приблизно 275–280 м, осадка до 17,5 м) рекомендовано застосовувати два буксири ASD типу, з можливістю управління носовими та кормовими тягами [59]. Буксирні канати надаються портом, використання власних суднових лінів не допускається без попереднього узгодження [59].

Якірні стоянки. Стоянка на якорі дозволена лише в межах визначених зон [10]. General Purpose Anchorage обмежена координатами:

A – 01°16.67'N 103°34.96'E

B – 01°15.16'N 103°34.96'E [10].

Документальне оформлення та дозвільні процедури. Відповідно до вимог PTP Vessel Clearance Procedures усі судна мають завчасно подавати повідомлення про прибуття (ETA Notice) через систему Vessel Clearance System (VCS) не пізніше ніж за 7 діб до приходу [51]. Після подання документів система генерує Vessel Call Number (VCN). Повторне підтвердження ETA надсилається за 2 години до прибуття в лоцманську зону [5, 51].

Необхідні документи для оформлення прибуття:

- General Declaration;
- Crew List;
- Cargo Manifest;
- Personal Effects List;
- Arms, Ammunition & Narcotics Declaration (у двох примірниках).

Також подаються Maritime Declaration of Health, Vaccination List, Pratique Certificate – в електронному вигляді через систему VCS.

На час стоянки судно зобов'язане піднімати національний прапор Малайзії [51].

Контроль за дотриманням митних та імміграційних вимог здійснює Southern Region Marine Department спільно з Malaysian Maritime Enforcement Agency (APMM) [51].

Навігаційна безпека та зв'язок. Порт обладнано інтегрованою системою Vessel Traffic Management System (VTMS), що забезпечує радіолокаційне спостереження за всіма суднами у межах портових вод [5, 51].

Зв'язок: – VHF: канали 01, 16, 64, 76, 83 (позивний РТР Control) [5, 51], Телефон: +60 7 504 2299; Факс: +60 7 507 1407; Координація аварійних дій: АРММ +60 3 894 34001 [51].

Під час маневрування в акваторії обов'язкове підтримання зв'язку з Port Control та підтвердження отримання дозволу на рух (Permission to Proceed) [55].

Отже, порт Танджунг-Пелепас характеризується сучасною інфраструктурою, глибоководними підходами та розвиненою системою управління рухом суден. Він забезпечує безпечні умови для заходу та стоянки великих нафтових танкерів типу Crude Oil Tanker 158 000 DWT, за умови дотримання вимог SOLAS-74 [34], ISM Code [39], COLREG-72 [14] та локальних портових правил Своєчасне подання попередніх повідомлень, координація з РТР Control і правильне планування рейсу відповідно до вимог ІМО Resolution А.893(21) забезпечують безпечне та ефективне прибережне плавання [30].

Ульсан

Порт Ульсан – один із найбільших промислових та нафтоналивних портів Республіки Корея, розташований у південно-східній частині країни, приблизно за 28 морських миль на північний схід від порту Пусан [7]. Порт включає кілька портових районів: Онсан (Onsan) та Міпо (Mipo), що забезпечують обробку різних типів вантажів, зокрема сирової нафти, нафтопродуктів, контейнерів, автомобілів, хімічної продукції та сировини для промислових комплексів Ульсана й Онсана [5]. Район належить до літньої зони вантажної ватерлінії (Load Line Zone: Summer), що важливо для визначення максимально допустимої осадки танкерів [36].

Географічне положення та навігаційні характеристики. Ульсан розташований у гирлі річки Тачхваган, на координатах приблизно 35°29'N, 129°24'E, має зручне географічне положення на південно-східному узбережжі Корейського півострова. Район підходу до порту є добре захищеним природними

умовами, однак схильний до впливу мусонних вітрів – південно-західних улітку та північно-східних взимку [42]. Максимальні розміри суден, що можуть заходити до гавані: LOA 360 м, осадка 16,5 м, ширина 68 м, дедвейт до 324 690 DWT. Для офшорних терміналів дозволяється осадка до 24,5 м, дедвейт до 325 000 DWT.

Підхід та акваторія порту. Вхід до порту здійснюється з південного сходу через вузький фарватер, який пролягає між мисами Накрат та Хваам Чу [24]. Довжина каналу близько 1,9 морських миль, ширина – 200 м, глибина – 12,0 м. Найменша глибина у з'єднанні фарватерів №1 і №2 становить 11,7 м, у фарватері №2 – 16,7 м, що забезпечує безпечний прохід великих нафтових танкерів [24]. Навігаційна розмітка виконується відповідно до системи IALA Region B, із застосуванням номерних світних буїв та напрямних вогнів. Вхідний басейн порту складається з двох частин – зовнішнього (захищеного відкріпленням хвилеломом) та внутрішнього, що додатково прикритий північним хвилеломом і має глибини від 5,7 до 13,8 м [30].

Лоцманське забезпечення. Лоцманська проводка є обов'язковою для всіх суден понад 500 GT (за винятком суден, що прямують до якорних стоянок E1, E2 та E3). Лоцмани працюють цілодобово, виклик здійснюється за 3 години до прибуття через агента або безпосередньо через портову адміністрацію [24]. Основні координати лоцманських пунктів посадки:

35°24.3'N 129°25.3'E – стандартна позиція;

35°23.0'N 129°26.2'E – для VLCC (біля SBM «C»).

Зв'язок підтримується через VHF Ch. 13 і 16, телефон: +82 52 261 7703.

Якірні стоянки. Основні якірні райони позначені відносно орієнтира Хваам Чу Лайт (35°28.37'N 129°24.44'E):

E1 (1 морська миля SSE) – судна до 10 000 т;

E2 (2,3 морські милі SSE) – судна 10 000–30 000 т;

E3 (3,8 морські милі SSE) – судна понад 30 000 т.

Якірні стоянки відкриті до північно-східних вітрів, при південних можливе посилення хвилювання.

Служби управління рухом (VTS). Ульсан підпорядковується системі Ulsan Vessel Traffic Service (VTS), яка забезпечує моніторинг судноплавства та екологічну безпеку [5, 24].

Зв'язок: VHF Ch. 14, 16, 10, 12, 68; телефон: +82 52 228 5573.

VTS здійснює прийом ЕТА-звітів (72, 48, 24, 12 години до прибуття), а також Passing, Arrival, Shifting та Departure Reports, які мають передаватися на відповідних етапах руху судна.

Тягове забезпечення. У порту працює 30 буксирів потужністю від 1 300 до 3 000 к.с., що діють цілодобово. Використання буксирів регламентується залежно від розмірів судна; ліні буксирів використовуються у всіх випадках швартовки [24].

Митні та санітарні формальності. Перед прибуттям судна необхідно надати пакет документів:

1. Портовий кліренс з попереднього порту (оригінал);
2. Судновий список екіпажу (5 копій);
3. Перелік особистих речей екіпажу (2 копії);
4. Список суднових запасів (Stores/Bond List);
5. Список зброї та боєприпасів;
6. Перелік портів заходу;
7. Медико-санітарна декларація (Health Declaration List);
8. Список пасажирів (за наявності).

Санітарний контроль здійснюється місцевими службами, які можуть видавати Ship Sanitation Control Certificate або Exemption Certificate .

Забезпеченість засобами навігаційного обладнання наведено у табл.2.10.

Таблиця 2.10 – Засоби навігаційного обладнання

№	Назва	Координати		Характеристики	Дальність видимості
		φ	λ		
1	2	3		4	5
1	Durian Strait Lt Buoy	01°19,49`N 104°24,21`E		Fl W 10s	15 NM

Продовження табл. 2.10

1	2	3	4	5
2	Takong Lt Bn	01°05,90`N 103°43,20`E	Fl(2) 5s	10 NM
3	Helen Mar Reef Lt Bn	01°07,44`N 103°46,51`E	Fl W 5s	13NM
4	Karang Banteng (Buffalo Rock) Lt Bn	01°09,43`N 103°48,83`E	Q W 1s	10 NM
5	Batu Berhanti Lt	01°11,44`N 103°52,22`E	Fl (2) 5s	13NM
6	Horsburgh (Pedra Branca) Lt	01°19,49`N 104°24,20`E	Fl 10s	15 NM
7	Ulsan Hang Approach Lt Buoy	35°28,00`N 129°24,00`E	Fl (2) W 10s	15 NM
8	Hwaamchu Lt	35°28,36`N 129°27,00`E	FL WR 20s	10NM
9	Ulsan Hang HL D&I Halla Lt Buoy No A	35°27,86`N 129°23,98`E	Fl (2) 4s	15 NM
10	Ulsan Hang HL D&I Halla Lt Buoy No B	35°28,01`N 129°23,92`E	FL W 10s	23 NM
11	Ulsan Hang S-OIL A Mooring Lt Buoy	35°28,15`N 129°24,06`E	Fl (2) 5s	23 NM
12	Ulsan Hang SBM A Lt Buoy	35°27,09`N 129°23,74`E	Q (5) 7s	23NM
13	Ulsan Hang SBM B Lt Buoy	35°26,74`N 129°23,37`E	Q (4) 6s	23 NM
14	Ulsan Hang West Breakwater Lt	35°27,99`N 129°23,99`E	FL W 10s	15 NM
15	Ulsan Hang Lt Buoy No 1	35°24,18`N 129°22,57`E	Fl (2) W 10s	15 NM
16	Ulsan Hang Lt Buoy No 2	35°24,48`N 129°23,51`E	Fl (2) W 5s	15 NM
17	Jangsaengpo Hang Lt Buoy No 1	35°28,00`N 129°24,00`E0	Fl 10s	15 NM
18	Jangsaengpo Hang Lt Buoy No 2	35°28,32`N 129°24,36`E*0	Fl W 10s	15 NM

2.3 Навігаційні розрахунки для забезпечення безпеки плавання

2.3.1 Розрахунок ортодромії

Дуга великого кола (ДВК) або ортодромія – слід на поверхні сфери, отриманий в результаті перетину сфери площиною, що проходить через її центр. ДВК є лінією найкоротшої відстані між двома точками на сфері. На МНК в

проекції Меркатора вона виглядає як дуга (звернена опуклістю в бік найближчого полюса), що перетинає меридіани під різними кутами. На Гномонічній проекції це пряма лінія. Довжина ДВК (ортодромії) визначається методами сферичної тригонометрії.

Розрахуємо локсодромію і ортодромію аналітичним способом для ділянки переходу з координатами:

Танджунг-Пелепас: $\varphi = 01^{\circ}17.3'N$; $\lambda = 103^{\circ}24.5'E$

Ульсан: $\varphi = 35^{\circ}28.5'N$; $\lambda = 129^{\circ}23.3'E$

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

$$\varphi_2 - \varphi_1 = 35^{\circ}28.5'N - 01^{\circ}17.3'N = 34^{\circ}11.2'N = 2051.2 \quad (2.1)$$

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

$$\lambda_2 - \lambda_1 = 129^{\circ}23.3'E - 103^{\circ}24.5'E = 025^{\circ}58.8'E = 1558.8 \quad (2.2)$$

3. Знаходимо різницю меридіональних частин (m):

$$m = 3437,75 \cdot \ln[\operatorname{tg}(45^{\circ}+35^{\circ}28.5'/2) / \operatorname{tg}(45^{\circ}+01^{\circ}17.3'/2)] = 2201.71212 \quad (2.3)$$

4. Визначаємо локсодромічний курс (K_L)

$$K_L' = \arccos(m / \sqrt{(\Delta\lambda^2 + m^2)}) = \arccos(2201.71212 / \sqrt{(1558.8^2 + 2201.71212^2)}) = 35,3^{\circ} \quad (2.4)$$

$$K_L = K_L' \text{ при } \Delta\lambda > 0$$

5. Розраховуємо локсодромічну відстань (S_L)

$$S_L = \Delta\varphi / \cos K_L = 2051.2 / \cos(35,3^{\circ}) = 2513.3 \text{ милі} \quad (2.5)$$

6. Розраховуємо довжину ортодромії (D)

$$D = \arccos(\sin\varphi_n \sin\varphi_k + \cos\varphi_n \cos\varphi_k \cos\Delta\lambda) \quad (2.6)$$

$$D = \arccos(\sin 1.2883 \sin 35.475 + \cos 1.2883 \cos 35.475 \cos 25.98) = 41.85^{\circ} = 2545$$

7. Визначаємо доцільність плавання по ортодромії (ΔD)

$$\Delta D = S_L - D \quad (2.7)$$

$$\Delta D = 2513.3 - 2545 = -31,7 \text{ милі.}$$

Маршрут від порту Танджунг-Пелепас ($\varphi = 01^{\circ}17.3'N$, $\lambda = 103^{\circ}24.5'E$) до порту Ульсан ($\varphi = 35^{\circ}28.5'N$, $\lambda = 129^{\circ}23.3'E$) пролягає у північно-східному

напрямку, охоплюючи значну зміну широти (понад 34°) та довготи (близько 26°). Це свідчить про помітну протяжність маршруту як у широтному, так і в меридіональному напрямках. Порівняльний аналіз довжин двох можливих маршрутів - локсодромного (рівнолінійного за курсом) та ортодромного (найкоротшого по дузі великого кола) показав, що у даному конкретному випадку локсодромна траєкторія є коротшою на 31.7 морських миль. Особливості географічного положення маршрутних точок, які знаходяться в межах Північно-Східної Азії спричинили такий результат.

2.3.2 Складання маршрутних листів

Складемо відповідно до рекомендацій ІМО маршрутні листи (рис.2.2, рис.2.3). Детальна інформація наведена в Додатку А.

Waypoint							Leg																		
Name	Position	Arrival	Overall Distance		Turn Radius [nm]	Brig	Type	Dist [nm]	Speed [kn]	Duration [hh:mm]	XTD		Min Depth [m]	CATZOC	UKC [m]	Safety Contour [nm]	Safety Depth [nm]	Every [min]	Position Fixing		Watch Level	E/R Manned	Security	Remarks	
			Travelled [nm]	Remaining [nm]							Port [nm]	Starboard [nm]								Method					
STS AREA	01° 17' 29" N 103° 24' 54" E	08/05/2025 06:34	0.00	2,640.47	0.01	]	217.8°	R	1.45	8.0	00:07	185.00	185.00	20.00	B	8.63°	16.00	16.00	0	Visual [] Radar [X] GPS [X] Other []	[]	Level 1			
CROSSING TSS	01° 16' 21" N 103° 24' 00" E	08/05/2025 06:58	1.45	2,639.02	0.05																				
JOIN EAST BOUND TRAFFIC	01° 13' 37" N 103° 22' 24" E	08/05/2025 07:24	4.62	2,635.86	0.11	]	124.9°	R	4.46	12.0	00:27	185.00	185.00	20.00	B	8.03°	16.00	16.00	0	Visual [] Radar [X] GPS [X] Other []	[]	Level 1			
BROTHER PT	01° 11' 04" N 103° 26' 03" E	08/05/2025 08:38	9.07	2,631.40	0.11																				
RACON D	01° 02' 57" N 103° 38' 18" E	08/05/2025 09:03	23.78	2,616.70	0.11	]	123.6°	R	14.70	12.0	01:14	185.00	185.00	21.50	A1	10.22°	16.00	16.00	0	Visual [] Radar [X] GPS [X] Other []	[]	Level 1			
TAKONG LT	01° 05' 08" N 103° 42' 46" E	08/05/2025 09:25	28.76	2,611.72	0.11																				
OFF RAPLESS LT	01° 09' 07" N 103° 46' 40" E	08/05/2025 09:31	34.33	2,606.15	0.11	]	053.7°	R	1.54	15.0	00:06	185.00	185.00	11.00	B	-1.39°	16.00	16.00	0	Visual [] Radar [X] GPS [X] Other []	[]	Level 1			
BUFFALO ROCK	01° 10' 02" N 103° 47' 54" E	08/05/2025 09:51	35.86	2,604.61	0.11																				
BATU BERHATI	01° 12' 01" N 103° 52' 32" E	08/05/2025 10:08	40.90	2,599.58	0.11	]	066.7°	R	5.04	15.0	00:20	185.00	185.00	42.00	U	26.74	16.00	16.00	0	Visual [] Radar [X] GPS [X] Other []	[]	Level 1			
SGP EAST	01° 13' 30" N 103° 56' 20" E	08/05/2025 10:19	44.99	2,595.48	0.27																				
SGP PILOTS AREA	01° 14' 02" N 103° 59' 05" E	08/05/2025 11:41	47.79	2,592.68	0.27	]	082.6°	R	20.61	15.0	01:22	370.00	370.00	45.00	A2	31.94	16.00	16.00	0	Visual [] Radar [X] GPS [X] Other []	[]	Level 1			
APPR HORSBURGI	01° 16' 42" N 104° 19' 31" E	08/05/2025 12:25	68.40	2,572.07	0.27																				
SGP TSS OUT	01° 23' 55" N 104° 27' 46" E	08/05/2025 13:21	79.38	2,561.10	0.27	]	048.9°	R	10.98	15.0	00:44	740.00	740.00	23.00	A2	10.38	16.00	16.00	0	Visual [] Radar [X] GPS [X] Other []	[]	Level 1			
SINGAPOR STRAIT OUT	01° 32' 45" N 104° 38' 22" E	08/05/2025 14:11	93.17	2,547.30	0.27																				
OPL AREA	01° 41' 00" N 104° 48' 00" E	08/05/2025 16:13	105.87	2,534.61	0.27	]	022.7°	R	30.52	15.0	02:02	3,704.00	3,704.00	30.00	B	17.24	16.00	16.00	0	Visual [] Radar [X] GPS [X] Other []	[]	Level 1			
	02° 09' 09" N 104° 59' 46" E	08/05/2025 19:57	136.38	2,504.09	0.54																				
	03° 03' 03" N 105° 14' 21" E	08/06/2025 02:02	192.26	2,448.21	0.54	]	036.2°	R	91.25	15.0	06:05	3,704.00	3,704.00	50.00	C	34.34	16.00	16.00	0	Visual [] Radar [X] GPS [X] Other []	[]	Level 1			
	04° 16' 39" N 106° 08' 17" E	08/06/2025 04:24	283.51	2,356.96	0.54																				
	04° 42' 58" N 106° 32' 23" E	08/07/2025 02:20	319.16	2,321.32	0.54	]	042.4°	R	35.65	15.0	02:23	3,704.00	3,704.00	50.00	C	34.34	16.00	16.00	0	Visual [] Radar [X] GPS [X] Other []	[]	Level 1			
	07° 44' 31" N 111° 07' 57" E	08/07/2025 08:30	648.00	1,992.47	0.54	]	005.5°	R	92.48	15.0	06:10	3,704.00	3,704.00	-	-		16.00	16.00	0	Visual [] Radar [X] GPS [X] Other []	[]	Level 1			

Рисунок 2.2 – Маршрутний лист

Waypoint						Leg																	
Name	Position	Arrival	Overall Distance		Turn Radius [nm]	Brg	Type	Dist [nm]	Speed [kn]	Duration [hh:mm]	XTD		Min Depth [m]	CATZOC	UKC [m]	Safety Contour [m]	Safety Depth [m]	Position Fixing		Watch Level	E/R Manned	Security	Remarks
			Traveled [nm]	Remaining [nm]							Port [m]	Starb [m]						Every [min]	Method				
ULSAN PS	09° 16' 31" N 111° 16' 57" E	08/07/2025 17:16	740.49	1,899.99	0.54	032.7°	R	131.63	15.0	08:47	3,704.00	3,704.00	200.00	B	183.84	16.00	16.00	0	Visual [] Radar [X] GPS [X] Other []	[]		Level 1	
	11° 07' 16" N 112° 29' 04" E	08/08/2025 11:22	872.12	1,768.35	0.54														Visual [] Radar [X] GPS [X] Other []				
	14° 28' 40" N 115° 35' 29" E	08/09/2025 02:03	1,143.59	1,496.89	0.54	028.5°	R	220.21	15.0	14:41	3,704.00	3,704.00	574.20	C	532.33	16.00	16.00	0	Visual [] Radar [X] GPS [X] Other []	[]		Level 1	
	17° 42' 02" N 117° 24' 49" E	08/10/2025 01:14	1,363.80	1,276.68	0.54														Visual [] Radar [X] GPS [X] Other []				
	21° 31' 12" N 122° 02' 05" E	08/10/2025 17:31	1,711.44	929.03	0.54	022.4°	R	244.29	15.0	16:17	3,000.00	3,000.00	100.00	B	85.84	16.00	16.00	0	Visual [] Radar [X] GPS [X] Other []	[]		Level 1	
	25° 16' 55" N 123° 43' 26" E	08/11/2025 09:31	1,955.73	684.74	0.54														Visual [] Radar [X] GPS [X] Other []				
	28° 46' 00" N 125° 55' 14" E	08/12/2025 01:35	2,195.68	444.80	0.54	023.1°	R	241.02	15.0	16:04	3,000.00	3,000.00	20.00	D	5.84°	16.00	16.00	0	Visual [] Radar [X] GPS [X] Other []	[]		Level 1	
	32° 27' 36" N 127° 44' 56" E	08/12/2025 13:07	2,436.70	203.78	0.54														Visual [] Radar [X] GPS [X] Other []				
	34° 59' 05" N 129° 25' 26" E	08/12/2025 14:39	2,609.83	30.64	0.54	004.2°	R	22.98	15.0	01:32	1,500.00	1,500.00	30.00	D	15.34	16.00	16.00	0	Visual [] Radar [X] GPS [X] Other []	[]		Level 1	
	35° 22' 00" N 129° 27' 29" E	08/12/2025 14:50	2,632.81	7.66	0.27														Visual [] Radar [X] GPS [X] Other []				
35° 24' 11" N 129° 25' 15" E	08/12/2025 15:06	2,635.66	4.81	0.27	320.2°	R	2.85	15.0	00:11	1,000.00	1,000.00	5.00	D	-8.42°	16.00	16.00	0	Visual [] Radar [X] GPS [X] Other []	[]		Level 1		
35° 28' 00" N 129° 23' 47" E	08/12/2025 15:08	2,639.66	0.81	0.27														Visual [] Radar [X] GPS [X] Other []					[]
35° 28' 25" N 129° 23' 46" E	08/12/2025 15:08	2,640.09	0.38	0.27	359.3°	R	0.43	15.0	00:02	185.00	185.00	10.00	D	-3.67°	16.00	16.00	0	Visual [] Radar [X] GPS [X] Other []	[]		Level 1		
35° 28' 45" N 129° 23' 32" E	08/12/2025 15:08	2,640.47	0.00	0.27														Visual [] Radar [X] GPS [X] Other []					[]

Рисунок 2.3 – Маршрутний лист

2.3.3 Графічний план переходу

Результати навігаційного планування переходу (рис.2.4) оформимо у вигляді графічного плану переходу із зазначенням інформації: щодо курсу судна (ортодромія чи локсодромія), назв портів відходу/заходу, основні течії, рози вітрів. Детальна інформація наведена в Додатку Б.



Рисунок 2.4 – Графічний план переходу

2.3.4 Розрахунок природної освітленості

Розрахунки освітленості виконаємо двома послідовними наближеннями:

– за широтою φ і датою запланованого плавання (вибрано з Nautical Almanac без інтерполяції моменти місцевого середнього часу (LMT) сходу і заходу Сонця і Місяця) [57].

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

Отримані розрахунки освітленості наведено в графічній формі (табл. 2.11, 2.12, 2.13, 2.14).

Таблиця 2.11 – Розрахунки освітленості 05/08/2025

	Сутінки	Схід Сонця	Захід Сонця	Сутінки
1	2	3	4	5
LMT _T	05h 16m	06h 02m	18h 09m	18h 56m
Δ LMT	-1m (-13хв за 10°)	-1m (-12хв за 10°)	+1m (+9хв за 10°)	+1m (+13хв за 10°)
LMT	05h 15m 00s	06h 01m 00s	18h 10m 00s	18h 57m 00s
LIT _E	- 6h 53m 36s	- 6h 53m 36s	- 6h 53m 36s	- 6h 53m 36s
GMT	22h 21m 24s 04/08/2025	23h 07m 24s 04/08/2025	11h 16m 24s 05/08/2025	12h 04m 24s 05/08/2025
ZD _E	+ 7E	+ 7E	+ 7E	+ 7E
ZT	05h 21m 24s 05/08/2025	06h 07m 24s 05/08/2025	18h 16m 24s 05/08/2025	19h 04m 24s 05/08/2025

Таблиця 2.12 – Розрахунки освітленості на 08/08/2025

	Сутінки	Схід Сонця	Захід Сонця	Сутінки
1	2	3	4	5
LMT _T	05h 03m	05h 51m	18h 20m	19h 08m
Δ LMT	-2m (-15хв за 10°)	-1m (-13хв за 10°)	+1m (+12хв за 10°)	+2m (+15хв за 10°)
LMT	05h 01m 00s	05h 50m 00s	18h 21m 00s	19h 20m 00s
LIT _E	- 7h 30m 00s	- 7h 30m 00s	- 7h 30m 00s	- 7h 30m 00s

Продовження табл. 2.12

1	2	3	4	5
GMT	21h 31m 00s 07/08/2025	22h 20m 00s 07/08/2025	10h 51m 00s 08/08/2025	11h 50m 00s 08/08/2025
ZD _E	+ 8E	+ 8E	+ 8E	+ 8E
ZT	05h 31m 00s 08/08/2025	06h 20m 00s 08/08/2025	18h 51m 00s 08/08/2025	19h 50m 00s 08/08/2025

Таблиця 2.13 – Розрахунки освітленості 12/08/2025

	Сутінки	Схід Сонця	Захід Сонця	Сутінки
1	2	3	4	5
LMT _T	04h 18m	05h 18m	18h 52m	19h 51m
Δ LMT	-1m (-14хв за 5°)	-1m (-9хв за 5°)	+1m (+8хв за 5°)	+1m (+14хв за 5°)
LMT	04h 17m 00s	05h 17m 00s	18h 53m 00s	19h 52m 00s
LIT _E	- 8h 37m 52s	- 8h 37m 52s	- 8h 37m 52s	- 8h 37m 52s
GMT	19h 39m 08s 11/08/2025	20h 39m 08s 11/08/2025	10h 15m 08s 12/08/2025	11h 14m 08s 12/08/2025
ZD _E	+ 9E	+ 9E	+ 9E	+ 9E
ZT	04h 39m 08s 12/08/2025	05h 39m 08s 12/08/2025	19h 15m 08s 12/08/2025	20h 14m 08s 12/08/2025

Таблиця 2.14 – Елементи освітленості

Дата	Сутінки ZT	Сонце				Сутінки ZT	Місяць		
		Схід Сонця ZT	Zn	Захід Сонця ZT	Zn		Схід Місяця ZT	Захід Місяця ZT	Фаза
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
05/08	06:19	07:06	073°	19:16	287°	19:38	15:51	04:11	
12/08	04:39	05:39	071°	19:15	289°	19:42	20:55	09:36	

2.3.5 Розрахунок висот припливів та побудова графіків припливів

Припливні явища у Світовому океані – це динамічні та фізико-хімічні процеси, що відбуваються у водах морів і океанів під впливом приливоутворюючих сил. Під припливами розуміють періодичні коливання рівня моря: зміни висоти його поверхні, вільної від дії вітрових хвиль і визначеної відносно умовного горизонту.

Розрахуємо припливні явища для ділянок з обмеженими глибинами, для портів відходу/приходу та якірних стоянок.

Припливні явища для портів Танджунг-Пелепас та Ульсан наведено в табл. 2.15

Таблиця 2.15 – Припливні явища для портів Танджунг-Пелепас та Ульсан

Танджунг-Пелепас			Ульсан		
04/08		05/08	12/08		13/08
Тп	hп	Тп hп	Тм hm	Тп hп	Тм hm
		01:33 1.9 12:43 1.7	06:20 0.19 18:48 0.10	01:22 0.65	
Тм	hm	Тм hm	Тп hп	Тм hm	
18:50 1.2		06:13 0.6	12:44 0.69		
Maximum Vessel Draft 9.50 m Minimum Under Keel Clearance 2.00 m Shallowest Depth below Chart Datum Not Defined Height of Lowest Obstruction above Chart Datum Not Defined			Maximum Vessel Draft 9.50 m Minimum Under Keel Clearance 2.00 m Shallowest Depth below Chart Datum Not Defined Height of Lowest Obstruction above Chart Datum Not Defined		
From Until Duration 04/08/2025 18:00 05/08/2025 18:00 1:00:00			From Until Duration 12/08/2025 03:00 13/08/2025 03:00 1:00:00		

Графіки припливів для портів Танджунг-Пелепас та Ульсан вказано на рис. 2.5 та рис.2.6.

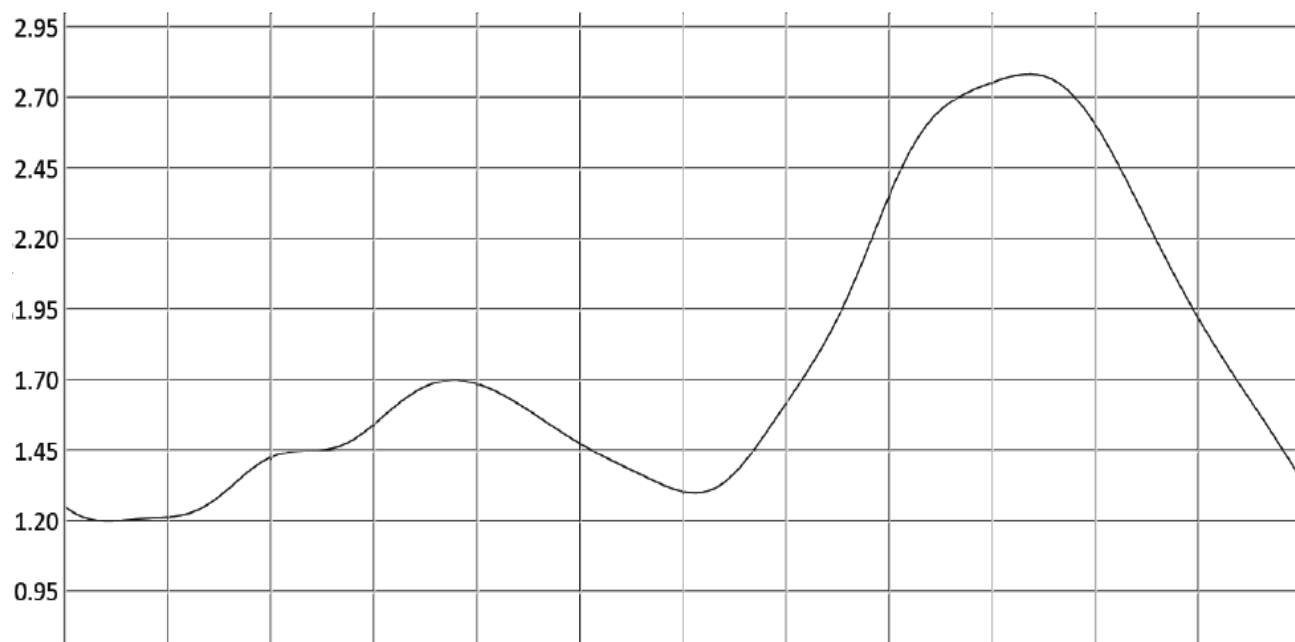


Рисунок 2.5 – Графік припливів для порту Танджунг-Пелепас на 05/08/25

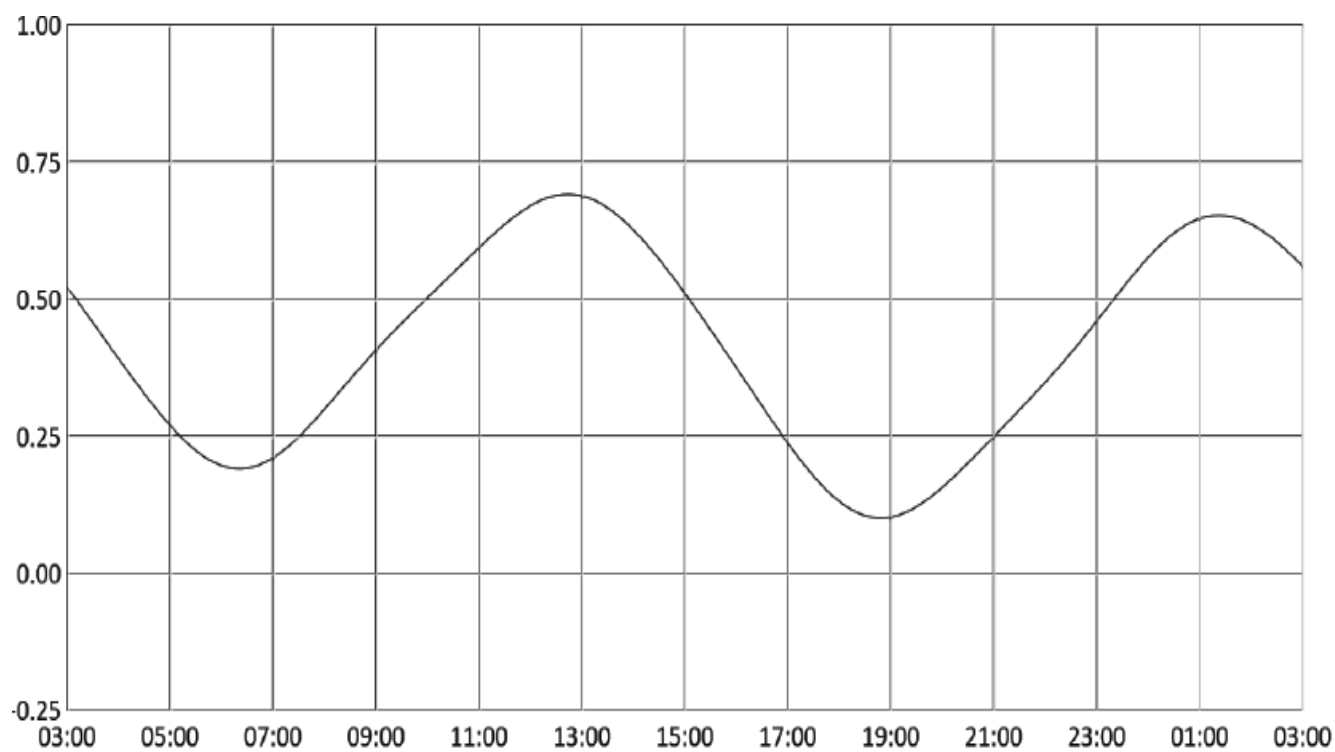


Рисунок 2.6 – Графік припливів для порту Ульсан на 12/08/25

2.4 Висновки

Загальна протяжність переходу між портами Танджунг-Пелепас та Ульсан становить 2640,47 морських миль. Час виходу з порту Танджунг-Пелепас – 05/08 о 06:27 (UTC+8), що відповідає 04/08 о 22:27 UTC. Час прибуття до порту Ульсан – 12/08 о 15:08 (UTC+9), що відповідає 12/08 о 06:08 UTC.

Загальна тривалість морського переходу становить 7 діб 7 годин 41 хвилина з чартерною швидкістю 15 вузлів.

Маршрут переходу пролягає через інтенсивно судноплавні води Південно-Китайського моря, далі – уздовж узбережжя Китаю та Кореї через райони з підвищеною навігаційною активністю. Після проходу протоки Джохор та Сінгапурської протоки, що характеризуються високою завантаженістю руху та складними умовами маневрування, судно виходить у відкриті води та продовжує рух за обраними безпечними курсами. Подальший шлях проходить через Південно-Китайське, Східнокитайське та Жовте моря з подальшим входом до Корейської протоки. Завершальний етап маршруту проходить у Японському морі вздовж східного узбережжя Південної Кореї з підходом до порту Ульсан.

При плаванні в прибережних районах найбільш точними способами визначення місця судна є РЛС-обсервація, візуальні орієнтири та комбінований метод; резервним способом є астрономічні спостереження. У районах інтенсивного руху – Сінгапурська протока, прибережні води Китаю та Кореї – особлива увага приділялася дотриманню МППЗС-72, обміну інформацією з VTS та підтриманню безперервного вахтового спостереження.

Запропонований маршрут є економічним і безпечним, оптимізованим за локсодромною траєкторією, що підтверджує ефективність навігаційного планування та забезпечує високий рівень безпеки мореплавства на всьому протязі переходу.

РОЗДІЛ 3

ОБРОБКА ТА РОЗМІЩЕННЯ ВАНТАЖІВ

3.1 Транспортні характеристики вантажів

Одним із ключових етапів під час розроблення оптимального вантажного плану є володіння знаннями про транспортні характеристики та фізико-хімічні властивості вантажів, призначених для перевезення.

Коректне врахування цих особливостей дає змогу не лише визначити технологію та комерційні умови транспортування, а й забезпечити збереження вантажів під час доставки, ефективне використання вантажопідйомності та вантажомісткості судна, раціональну організацію вантажно-розвантажувальних робіт у портах, безпеку мореплавства та захист навколишнього середовища від забруднення.

3.1.1 Наливні вантажі

Перевезення наливних вантажів здійснюється відповідно до вимог низки міжнародних нормативних документів, серед яких:

- Міжнародна конвенція з охорони людського життя на морі (SOLAS 74/78), розділи VI, VII [34];
- Міжнародна конвенція з попередження забруднення з суден (MARPOL 73/78) [33];
- Міжнародний кодекс морських небезпечних вантажів (IMDG Code) [37];
- Кодекс федеральних правил, розділ 46, частина 150;
- Міжнародне керівництво з безпеки для нафтоналивних танкерів і терміналів (ISGOTT) [38].

Наведемо інформацію про транспортні характеристики наливного вантажу в табл. 3.1., а саме: загальні та специфічні особливості, щільність, в'язкість і тиск парів, температуру кипіння, замерзання, спалаху, займання і самозаймання, категорію небезпеки, сумісність та номер групи відповідно CFR 46 та токсичність:

Таблиця 3.1– Транспортні характеристики наливного вантажу.

№	Характеристика	Значення / Опис
1	Загальні та специфічні властивості	
	Опис	Складна суміш важких вуглеводнів. Темна в'язка рідина із характерним запахом. Слабо розчинна у воді, щільніша за повітря.
	Продукт	Fuel Oil, Residual (High Sulfur Straight Run FO)
	CAS номер	64741-45-3
	ЕС номер	270-675-6
	Стан агрегатний	Рідина
	Розчинність у воді	0.4 мг/л @ 22 °C (слабо розчинний)
2	Щільність, в'язкість, тиск парів	
	Відносна густина	0.80–0.99 г/см ³ при 15 °C
	В'язкість	7–20.5 мм ² /с при 40 °C
	Тиск парів	0.5 кПа @ 20 °C
3	Температурні параметри	
	Температура замерзання	< 20 °C
	Температура кипіння	> 350 °C
	Температура спалаху	> 60 °C
	Температура займання	> 225 °C
	Температура самозаймання	> 225 °C
4	Категорія небезпеки, сумісність, класифікація	
	Клас небезпеки	Клас 9 — Інші небезпечні речовини
	UN номер	UN 3082
	Опис для перевезення	ENVIRONMENTALLY HAZARDOUS SUBSTANCE, LIQUID, N.O.S
	Пакувальна група	III
	Сумісність (CFR 46, Part 150)	Несумісний із сильними окисниками, кислотами, лугами
	Обмеження ADR	HIN: 90; Tunnel Code: 3E
5	Токсичність та небезпечні властивості	
	Вдихання	LC ₅₀ (щур) = 4.1 мг/л/4 год — шкідливий при вдиханні
	Проковтування	LD ₅₀ (щур) > 2000 мг/кг — не класифікується як токсичний
	Контакт зі шкірою	LD ₅₀ > 2000 мг/кг — не подразнює
	Мутагенність	Не класифікується

Продовження табл. 3.1

1	2	3
	Канцерогенність	Carc. 1B — можливе канцерогенне
	Репродуктивна токсичність	Repr. 2 (H361d) — підозра в негативному впливі на плід
	Екотоксичність	Aquatic Acute 1 / Chronic 1: дуже токсичний для водного середовища

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

Транспортні характеристики та властивості вантажів, особливості вантажних приміщень і умови запланованого рейсу визначають порядок підготовки судна до завантаження. Ця підготовка здійснюється з урахуванням специфіки кожного вантажу, що підлягає перевезенню, відповідно до вимог чинних Кодексів і Правил транспортування.

Представимо перелік транспортних і вантажних документів, що оформлюються при перевезенні конкретного вантажу на даному судні. Для кожного документа вказується назва, його призначення, ким оформлюється та видається і на якому етапі виконання рейсу.

Підготовка вантажних приміщень до приймання вантажу відповідно до вимог ISGOTT [38] включає комплекс заходів, спрямованих на забезпечення безпечного та якісного проведення вантажних операцій. Перед початком підготовки проводиться ретельне очищення вантажних танків від залишків попереднього вантажу, механічних забруднень та води, після чого здійснюється дегазація до рівнів, що унеможливають утворення вибухонебезпечних сумішей під час відкритих робіт. Перевіряється цілісність антикорозійного покриття танків, стан трубопроводів, клапанів, денних люків, вимірювальних колодязів та обладнання для контролю температури й рівня вантажу. Особлива увага приділяється справності вентиляційної системи, правильності роботи фільтрів,

вільності повітряних каналів та можливості забезпечення необхідних режимів вентиляції при прийманні високов'язкого продукту [37, 38].

Перед завантаженням здійснюється тестування інертної газової системи, перевіряється здатність підтримувати тиск та концентрацію кисню в межах, що відповідають вимогам ISGOTT для операцій з темними нафтопродуктами. Проводиться перевірка справності вимірювальних систем, включно з газоаналізаторами, термометрами, рівнемірами та переносними засобами контролю атмосфери. Окремо перевіряється правильність роботи системи заземлення та бондування для запобігання статичній електриці під час завантаження в'язкого вантажу, який потребує підвищеної уваги через можливість накопичення зарядів у потоці.

Танки підготовлюються до прогрівання вантажу відповідно до вимог приймаючого терміналу: перевіряється система підігріву (coil system), її герметичність, функціональність клапанів та можливість підтримання температури, необхідної для безпечного перекачування високов'язкого Fuel Oil. Проводиться контроль на відсутність води в танках та нафтопроводах, оскільки наявність води може спричинити стратифікацію вантажу та погіршити його якість. Всі дії документуються в журналі підготовки танків та підтверджуються відповідальними офіцерами.

Після завершення всіх технічних процедур здійснюється оформлення Check List відповідно до ISGOTT, перевіряється готовність екіпажу, засобів пожежогасіння, засобів зв'язку та аварійних систем. Таким чином, виконана підготовка забезпечує відповідність вантажних приміщень усім вимогам безпеки, виключає ризик забруднення вантажу та гарантує безпечне проведення операцій із завантаження високосірчистої залишкової нафти [38].

Перед прибуттям судна до порту навантаження капітаном (Master) оформлюється Notice of Readiness, який засвідчує прибуття судна до порту та готовність до початку вантажних операцій. Одночасно старшим помічником (Chief Officer) проводиться оцінка ризиків (JSA/Risk Assessment), а також вимірювання атмосфери у вантажних танках з метою визначення вмісту

сірководню - оформлюється відповідний звіт про наявність H₂S (H₂S Report Before Loading). З метою узгодження дій між судном та береговими службами оформлюється Pre-Transfer Meeting Document, у якому фіксуються процедури взаємодії під час навантаження, а також критичні моменти, що потребують особливої уваги. Крім того, здійснюється перевірка стану слопів із оформленням сертифіката залишків (Certificate of Slops Before Loading), та складається Pre-Stowage Plan, де зазначається порядок завантаження вантажу по танках.

На цьому етапі також оформлюється звіт про залишкову кількість (OBQ Report – On Board Quantity) спільно з сюрвеєрами, в якому фіксується наявність залишків у танках перед початком вантажних операцій. Важливим документом є Statement of Facts (SOF), що ведеться капітаном з моменту початку вантажних операцій до їх завершення і фіксує хронологію всіх дій у порту. У рамках підготовки оформлюються також дозволи (Permits), зокрема: дозвіл на виконання робіт з трубопроводами (Permit to Work on Pipelines), дозвіл на пришвартування малих суден (Permit to Allow Small Crafts Alongside) та дозвіл на використання системи контролю викидів судна (Permit to Use Vessel Emission Control System). Додатково, старшим помічником вказується фактор досвіду судна (VEF – Vessel Experience Factor), який містить інформацію про попередні вантажні партії, що транспортувались.

Безпосередньо під час завантаження, через кожні чотири години, представниками судна та терміналу заповнюється Ship/Shore Safety Checklist, у якому всі пункти повинні бути підтверджені ствердною відповіддю. У разі відсутності згоди або виникнення сумнівів щодо безпеки, процес вантаження може бути призупинений. Також продовжується ведення Statement of Facts, а черговий помічник (OOW – Officer of the Watch) фіксує викиди летких органічних речовин у журналі NMVOC (Non-Methane Volatile Organic Compounds Log). Паралельно ведеться Hourly Rate Log, в якому відображається кількість вантажу, що завантажується щогодини з урахуванням коригування. У разі необхідності входу до насосного відділення, заповнюється Pumproom Entry

Permit, який оформлюється старшим помічником, а записи робляться черговим помічником і особою, що входить до відсіку.

Після завершення навантаження оформлюється Ullage Report - звіт про рівень заповнення танків, що складається старшим помічником спільно з сюрвеєрами. Також видається Bill of Lading, що засвідчує кількість та вартість вантажу, виданий вантажовідправником. У разі виявлення порушень або розбіжностей між судном і портом завантаження капітаном подається Letter of Protest. Повторно оформлюється Certificate of Slops (After Loading), а також виконується остаточне вимірювання концентрації сірководню в танках - H₂S Report After Loading.

Під час підготовки до розвантаження у порту призначення знову оформлюється Notice of Readiness, JSA/Risk Assessment та Pre-Discharge Ship/Shore Agreement, що містить ключові моменти майбутньої вивантажувальної операції. Повторюється процедура вимірювання вмісту H₂S у танках та оформлення Certificate of Slops Before Discharging, а також складається новий Ullage Report для перевірки рівнів вантажу. Додатково заповнюються відповідні Permits, аналогічно до етапу навантаження.

У ході розвантаження ведеться Ship/Shore Safety Checklist, оновлюється Statement of Facts, фіксуються параметри системи інертного газу у IG Log (Inert Gas Log), а також здійснюється щогодинний запис об'ємів у Hourly Rate Log. Параметри роботи насосів (тиск, оберти, температура) заносяться до Pumping Log, а доступ до насосного відділення оформлюється через Pumproom Entry Permit.

Після завершення вивантаження складається ROB Report (Remaining On Board) - звіт про залишки вантажу, а капітан за необхідності подає Letters of Protest. Завершується етап оформленням Certificate of Slops After Discharging, який відображає стан слопів після завершення усіх вантажних операцій

3.3 Розрахунок чистої вантажопідйомності судна

Маршрут переходу від порту Танджунг-Пелепас до порту Ульсан проходить через райони дії тропічної та літньої вантажних марок, що безпосередньо впливає на визначення допустимого занурення судна під час навантаження. Вантажні операції в Танджунг-Пелепас здійснюються у зоні Tropical Load Line, тоді як більша частина маршруту, включно з Південно-Китайським морем, районом Тайваню, Східнокитайським морем та підходом до узбережжя Південної Кореї, проходить у зоні Summer Load Line. У районі Ульсана під час серпневого періоду діє саме літня вантажна марка, оскільки зимова зона встановлюється лише з 1 жовтня по 31 березня.

З огляду на розподіл зон вантажних марок, у процесі планування переходу враховано, що судно перетинає лише дві зони — Tropical та Summer. Оскільки Summer Load Line є більш суворою порівняно з Tropical, то саме вона визначає максимально допустиме занурення судна для всього рейсу. Відповідно, для розрахунку повної водотоннажності приймається значення по літній вантажній марці, як найбільш обмежувальній на маршруті переходу.

Повна водотоннажність по літню вантажну марку:

$$\Delta_p = 184133.8 \text{ т.} \quad (3.1)$$

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

$$\Delta_w = \Delta_p - \Delta_0, \quad (3.2)$$

де Δ_0 - водотоннажність порожнього судна, т.

$$\Delta_w = 184133.8 - 26605.8 = 157528 \text{ т} \quad (3.3)$$

Ходовий час визначається за формулою:

$$t_p = S/(V_s \cdot 24) + t_{зп}, \quad (3.4)$$

де V_s - швидкість судна;

S - довжина траси переходу, милі;

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

$$t_x = 2640,47 / (15,0 \cdot 24) = 7,3 \text{ діб} \quad (3.5)$$

Нормативна тривалість стояночного часу розраховується за формулою:

$$t_{\text{ст}} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i}{M}, \quad (3.6)$$

де Q_i - маса вантажу одного найменування, т;

n - кількість найменувань вантажу (обов'язкових і факультативних);

M - Валова норма вантажних робіт, т/добу.

Стояночний час розраховують умовно приймаючи

$$\sum_{i=1}^n Q_i = DW. \quad (3.7)$$

$$t_{\text{ст}} = 135198,08 / (5650 \cdot 24) = 1 \text{ доба}$$

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

$$P_{\text{зап}} = P_{\text{зап}}^x + P_{\text{зап}}^{\text{ст}}; \quad (3.8)$$

Кількість ходових запасів складає суму:

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

де $P_{\text{т}}^x$, $P_{\text{в}}^x$, $P_{\text{см}}^x$ - відповідно кількість палива, води і мастила необхідна на перехід від порту навантаження до порту вивантаження з урахуванням коефіцієнта штормового запасу $k_{\text{шт}}$ (за рекомендацією судновласника 15%).

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

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

$$P_{\text{см}}^x = q_{\text{м}}^x \cdot t_x \cdot k_{\text{шт}}; \quad (3.10)$$

де q^x_T, q^x_B, q^x_{CM} - добова норма витрати палива, води і мастила на ходу судна відповідно, т/добу.

$$\begin{aligned}
 P^x_{T(важке)} &= 42 \cdot 7.0 \cdot 1.15 = 338.1 \text{ т} \\
 P^x_{T(легке)} &= 38 \cdot 0.3 \cdot 1.15 = 13.11 \text{ т} \\
 P^x_B &= 11 \cdot 7.3 \cdot 1.15 = 92.35 \text{ т} \\
 P^x_{CM} &= 0.28 \cdot 7.3 \cdot 1.15 = 2.35 \text{ т} \\
 P^x_{зап} &= 338.1 + 13.11 + 92.35 + 2.35 = 445.91 \text{ т}
 \end{aligned} \tag{3.11}$$

Аналогічно знаходять кількість стояночних запасів:

$$\begin{aligned}
 P^{CT}_{зап} &= P^{CT}_T + P^{CT}_B + P^{CT}_{CM}; \\
 P^{CT}_T &= q^{CT}_T \cdot t_{CT}; \\
 P^{CT}_B &= q^{CT}_B \cdot t_{CT}; \\
 P^{CT}_{CM} &= q^{CT}_M \cdot t_{CT};
 \end{aligned} \tag{3.12}$$

де $q^{CT}_T, q^{CT}_B, q^{CT}_{CM}$ - добова норма витрати палива, води і мастила на стоянці судна відповідно, т/добу.

$$\begin{aligned}
 P^{CT}_{T(легке)} &= 8 \cdot 1 = 8 \text{ т} \\
 P^{CT}_B &= 11 \cdot 1 = 11 \text{ т} \\
 P^{CT}_{CM} &= 0.012 \cdot 1 = 0.012 \text{ т} \\
 P^{CT}_{зап} &= 8 + 11 + 0.012 = 19.012 \text{ т} \\
 P_{зап} &= 445.91 + 19.012 = 464.922 \text{ т}
 \end{aligned} \tag{3.13}$$

Оскільки рейс є фактичним, кількість прийнятих на судно запасів відрізняється від розрахункової. Судно зазвичай здійснює тривалі переходи, у зв'язку з чим запаси палива, мастил та води формуються із суттєвим резервом — значно більшим, ніж того вимагає конкретний рейс.

Окрім того, на борту використовується виключно генератор прісної води, продуктивність якого становить близько 30 тонн на добу за фактичного добового споживання 11 тонн. Таким чином, потреба у значних запасах прісної води відпадає, оскільки система повністю забезпечує необхідний обсяг споживання.

На відхід на судні було: палива з малим вмістом сірки 2370.0 т; дизельного палива 391 т; мастила 235.2 т; масляні відходи 139.41 т, баластні танки – 678.4 т. Усього $P_{зап} = 3814.1 \text{ т}$

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

$$\Delta_{\text{ч}} = \Delta_{\text{W}} - (P_{\text{зап}} + P_{\text{кон}}) \quad (3.14)$$

де $P_{\text{кон}}$ – константа (екіпаж, постачання та ін.)

$$\Delta_{\text{ч}} = 157528 - (3814.1 + 85) = 153\,628,9 \text{ т} \quad (3.15)$$

3.4 Складання вантажного плану

Якість складеного вантажного плану безпосередньо впливає на безпеку мореплавства, збереження вантажів і ефективність комерційної діяльності судна..

Відповідно до вимог міжнародних стандартів та індустріальної практики експлуатації нафтоналивних танкерів, вантажні танки не допускається заповнювати понад 98% їхньої геометричної місткості. Це обмеження запроваджене з метою забезпечення вільного об'єму для теплового розширення нафтопродуктів, компенсації коливань рівня під час руху судна, а також для запобігання переповненню під час операцій вантаження.

Таким чином, максимальний експлуатаційний об'єм нафтоналивного вантажу, який може бути прийнятий на борт, згідно до технічних характеристик судна, становить:

$$We_{\text{ф}} (98\%) = 171\,154.6 \text{ м}^3 \quad (3.16)$$

Враховуючи середню паспортну густину $\rho = 0,890497 \text{ т/м}^3$, максимальна маса вантажу, що може бути прийнята на борт, становить:

$$Q = \rho \times We_{\text{ф}} = 0,890497 \times 171\,154.6 = 152\,412.7 \text{ т} \quad (3.17)$$

Максимальний об'єм вантажу в кожному танку при очікуваному його розширенні представлений у табл.3.2.

Таблиця 3.2 – Максимальний об'єм вантажу в кожному танку

Танк (№)	Густина (s/g)	Об'єм (98%)	Максимальна кількість вантажу (т)
1P	0.890497	11931.4	10624.86
1S	0.890497	11931.4	10624.86
2P	0.890497	14608.4	13008.74
2S	0.890497	14608.4	13008.74
3P	0.890497	14603.8	13004.64
3S	0.890497	14603.8	13004.64
4P	0.890497	14597.6	12999.12
4S	0.890497	14597.6	12999.12
5P	0.890497	14548.7	12955.57
5S	0.890497	14548.7	12955.57
6P	0.890497	13176.5	11733.63
6S	0.890497	13176.5	11733.63
SLOP P	0.890497	1851.6	1648.84
SLOP S	0.890497	1851.6	1648.84
Residual	0.890497	305.4	271.97
Total	-	-	152412.7

3.5 Характеристика експлуатаційних умов рейсу

Визначимо техніко-експлуатаційні характеристики портів навантаження та вивантаження для оцінки інтенсивності обробки вантажу та обслуговування судна з метою забезпечення мінімально можливого стоянкового часу. Зазначимо країну та місце розташування порту, дату початку рейсу, діючі в портах вантажні марки, глибину та щільність води у вантажних терміналах порту, основні портові правила і формальності, перелік і порядок надання різноманітних видів послуг, лоцманської проводки, буксирних операцій, можливості отримання палива, води, різного роду постачання, можливість виконання ремонтних робіт тощо).

Танджунг-Пелепас

Порт навантаження розташований у Малайзії, в районі Танжунг Пелепас. Завантаження судна здійснювалося 5 серпня 2025 року о 06:27. У цьому порту діє тропічна вантажна марка, яка враховується при плануванні навантаження.

Щільність води становить $1,025 \text{ кг/дм}^3$, що відповідає середнім морським показникам [49, 50].

Лоцманське проведення є обов'язковим у межах порту Танджунг Пелепас для всіх суден із довжиною 15 метрів і більше. Лоцмани доступні цілодобово, а район посадки лоцмана розташований за координатами $01^{\circ}14.7'N$ $103^{\circ}32.2'E$. Порт забезпечений буксирами, кількість яких визначається оператором відповідно до довжини і осадки судна.

У разі потреби доступні послуги з виконання дрібного ремонту. Забезпечення паливом можливе за попереднім запитом — зазвичай баржами через підрядника. Прісна вода подається безпосередньо на причали РТР через стаціонарний трубопровід. Постачання суднових запасів здійснюється через причал, за умови попереднього узгодження.

Офіційний робочий час портової адміністрації: з понеділка по п'ятницю з 08:30 до 17:30, у суботу — з 09:00 до 13:00. Порт працює протягом усього року.

Ульсан

Порт вивантаження розташований у Південній Кореї, у місті Ульсан. Операція вивантаження була виконана 12 серпня 2025 року о 15:08. У порту діє літня вантажна марка, що відповідає сезонній зоні навігації згідно з вантажною лінією. Щільність води в районі причалів становить $1,025 \text{ кг/дм}^3$ [42].

Лоцманське проведення є обов'язковим для всіх суден. Лоцмани доступні цілодобово. Проведення повинно бути організовано через капітана або агента за 24 години до прибуття, але не пізніше ніж за 3 години до часу подачі [24].

У розпорядженні порту знаходяться 30 буксирів, доступних протягом доби. Послуги з ремонту суден доступні за запитом. Прісна вода надається баржами. Забезпечення паливом можливе з доставкою баржами, за попереднім погодженням з постачальником у Пусані. Суднові запаси доступні в стандартному режимі.

Робота офісних служб зазвичай ведеться з 08:00 до 18:00. Водночас вантажні операції, зокрема передача вантажу, можуть виконуватись у будь-який час, без обмежень.

РОЗДІЛ 4

ОЦІНКА МОРЕХІДНИХ ЯКОСТЕЙ СУДНА

4.1 Розрахунок водотоннажності й координат центра ваги судна

Для оцінки морехідних якостей використовувались Інформація про остійність (Final Trim and Stability Calculation), яка затверджена класифікаційним товариством Lloyd's Register [18].

Абсциси відраховуються від кормового перпендикуляру. Диферент на корму має знак “–”, а на ніс “+”.

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

Таблиця 4.1- Розподіл запасів на відхід

Найменування цистерн	Міст- кість, т	Маса, т	Плечі, м			Моменти, тм		
			x	y	z	M _x	M _y	M _z
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Моторне паливо $\rho = 0,980 \text{ т/м}^3$								
NO.1 HFO TK(P)	1198,3	801,0	44,000	11,908	14,575	35244	9538	11675
NO.1 HFO TK (S)	870,1	706,0	44,197	-13,362	16,957	31203	-9434	11972
NO.2 HFO TK (P)	587,1	200,0	37,157	16,263	14,572	7431	3253	2914
L.S. HFO TK	717,5	517,0	35,169	-16,874	16,505	18182	-8724	8533
HFO SETT.TK	59,6	35,0	42,548	-8,075	19,664	1489	-283	688
L.S. HFO SETT.TK	58,4	29,0	34,800	-15,372	19,483	1009	-446	565
HFO SERV.TK	59,6	48,0	42,617	-12,325	20,079	2046	-592	964
L.S. HFO SERV.TK	58,4	34,0	38,800	-15,417	19,649	1319	-524	668
Всього моторного палива		2370	41,32	-3,04	16,02	97923	-7212	37979
Дизельне паливо $\rho = 0,850 \text{ т/м}^3$								
MGO STOR.TK	436,6	338,0	27,368	16,231	18,182	9250	5486	6146

Продовження табл.4.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
MGO SERV.TK	95,9	53,0	19,012	15,545	19,705	1008	824	1044
Всього дизельного палива		391	26,24	16,14	18,39	10258	6310	7190
Мастило $\rho = 0,900 \text{ т/м}^3$								
NO.1 CYL.O.STOR.TK	49,1	44,40	38,930	-1,608	20,365	1728	-71	904
NO.2 CYL.O.STOR.TK	53,8	47,27	38,800	1,700	20,170	1834	80	953
M/E LO STOR.TK	48,5	42,70	27,111	-9,964	20,177	1158	-425	862
G/E LO STOR.TK	10,8	9,86	30,400	-8,075	20,258	300	-80	200
TURBINE LO STOR.TK	4,8	4,16	37,600	-2,550	19,071	156	-11	79
M/E LO SETT.TK	43,1	37,76	30,400	-10,200	20,168	1148	-385	762
G/E LO SETT.TK	5,4	4,86	28,000	-8,075	20,225	136	-39	98
M/E LO SUMP TK	41,0	39,39	25,946	0,011	1,399	1022	0	55
S/T LO SUMP TK	2,6	2,26	20,400	-0,898	1,613	46	-2	4
M/E HYDRAULIC OIL.TK	2,4	2,19	30,571	-6,066	6,991	67	-13	15
BACK-FLUSH.TK	0,36	0,36	21,997	-1,596	1,363	8	-1	0
Всього мастила		235,21	32,32	-4,03	16,72	7603	-947	3932
Прісна вода $\rho = 1,000 \text{ т/м}^3$								
F.W.TK (P)	252,9	105	8,18	11,31	20,97	859	1188	2202
DRINK W.TK	115,8	110	6,45	-10,97	20,98	710	-1207	2308
Всього прісної води		215	7,30	-0,09	20,98	1569	-19	4510
Інші танки								
FO OVERFL.TK	27,4	12,84	35,051	-2,468	1,318	450	-32	17
WASTE OIL TK	10,9	4,84	31,315	-3,735	1,624	152	-18	8
LO DRAIN TK	8,3	3,36	27,894	3,438	1,687	94	12	6
CLEAN OVBD DRAIN TK	35,5	16,12	14,046	0,000	0,924	226	0	15
GREY W.HOLD.TK	63,7	31,95	29,047	8,359	8,950	928	267	286

Продовження табл.4.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
C.W.TK	37,2	18,6	9,867	0,000	2,966	184	0	55
OIL B.W.TK	43,6	20,15	34,246	2,499	1,368	690	50	28
LO SLUDGE TK	9,0	4,8	30,800	-11,386	11,587	148	-55	56
FO SLUDGE TK	9,0	4,8	34,800	-11,386	11,587	167	-55	56
SOOT COLLECT TK	7,2	3,6	12,400	-8,343	14,254	45	-30	51
G/E NO.1 LO OVERFL.TK	2,0	1,0	14,800	-4,675	11,500	15	-5	12
G/E NO.2 LO OVERFL.TK	2,0	1,0	14,800	-1,600	11,500	15	-2	12
G/E NO.3 LO OVERFL.TK	2,0	1,0	14,800	1,700	11,500	15	2	12
BILGE PRIMARY TK	11,5	5,75	36,000	8,730	8,571	207	50	49
SEWAGE COLLECT	12,0	6,0	27,200	6,650	9,705	163	40	58
FO DRAIN TK	8,3	3,6	27,888	-3,451	1,712	100	-12	6
Всього		139,41	25,82	1,52	5,21	3599	212	727
ВСЬОГО ЗАПАСІВ		3350,6	36,10	-0,49	16,22	120952	-1656	54338

Таблиця 4.2 - Розподіл запасів на прихід

Найменування цистерн	Міст- кість, т	Маса, т	Плечі, м			Моменти, тм		
			x	y	z	M _x	M _y	M _z
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Моторне паливо $\rho = 0,980 \text{ т/м}^3$								
NO.1 HFO TK(P)	1198,3	654,0	44,000	11,707	13,718	28776	7656	8972
NO.1 HFO TK (S)	870,1	559,0	44,197	-13,310	15,977	24706	-7440	8931
NO.2 HFO TK (P)	587,1	200,0	37,157	16,263	14,572	7431	3253	2914
L.S. HFO TK	717,5	517,0	35,169	-16,874	16,505	18182	-8724	8533
HFO SETT.TK	59,6	35,0	42,548	-8,075	19,664	1489	-283	688
L.S. HFO SETT.TK	58,4	29,0	34,800	-15,372	19,483	1009	-446	565
HFO SERV.TK	59,6	48,0	42,617	-12,325	20,079	2046	-592	964

Продовження табл.4.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
L.S. HFO SERV.TK	58,4	34,0	38,800	-15,417	19,649	1319	-524	668
Всього моторного палива		2076	40,92	-3,42	15,53	84958	-7100	32235
Дизельне паливо $\rho = 0,850 \text{ т/м}^3$								
MGO STOR.TK	436,6	326,6	27,374	16,222	18,067	8940	5298	5901
MGO SERV.TK	95,9	53,0	19,012	15,545	19,705	1008	824	1044
Всього дизельного палива		379,6	26,21	16,13	18,3	9948	6122	6945
Мастило $\rho = 0,900 \text{ т/м}^3$								
NO.1 CYL.O.STOR.TK	49,1	44,40	38,930	-1,608	20,365	1728	-71	904
NO.2 CYL.O.STOR.TK	53,8	46,23	38,800	1,700	20,120	1794	79	930
M/E LO STOR.TK	48,5	41,70	27,111	-9,964	20,120	1131	-415	839
G/E LO STOR.TK	10,8	9,86	30,400	-8,075	20,258	300	-80	200
TURBINE LO STOR.TK	4,8	4,16	37,600	-2,550	19,071	156	-11	79
M/E LO SETT.TK	43,1	37,76	30,400	-10,200	20,168	1148	-385	762
G/E LO SETT.TK	5,4	4,86	28,000	-8,075	20,225	136	-39	98
M/E LO SUMP TK	41,0	39,39	25,946	0,011	1,399	1022	0	55
S/T LO SUMP TK	2,6	2,26	20,400	-0,898	1,613	46	-2	4
M/E HYDRAULIC OIL.TK	2,4	2,19	30,571	-6,066	6,991	67	-13	15
BACK-FLUSH.TK	0,36	0,36	21,997	-1,596	1,363	8	-1	0
Всього мастила		233,17	32,32	-4,02	16,67	7536	-938	3886
Прісна вода $\rho = 1,000 \text{ т/м}^3$								
F.W.TK (P)	252,9	65,0	8,18	11,31	19,46	532	735	1265
DRINK W.TK	115,8	69,7	6,45	-10,97	19,49	450	-765	1358
Всього прісної води		134,7	7,29	-0,22	19,47	982	-30	2623
Інші танки								
FO OVERFL.TK	27,4	12,84	35,051	-2,468	1,318	450	-32	17
WASTE OIL TK	10,9	4,84	31,315	-3,735	1,624	152	-18	8

Продовження табл.4.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
LO DRAIN TK	8,3	3,36	27,894	3,438	1,687	94	12	6
CLEAN OVBD DRAIN TK	35,5	16,12	14,046	0,000	0,924	226	0	15
GREY W.HOLD.TK	63,7	31,95	29,047	8,359	8,950	928	267	286
C.W.TK	37,2	18,6	9,867	0,000	2,966	184	0	55
OIL B.W.TK	43,6	20,15	34,246	2,499	1,368	690	50	28
LO SLUDGE TK	9,0	4,8	30,800	-11,386	11,587	148	-55	56
FO SLUDGE TK	9,0	4,8	34,800	-11,386	11,587	167	-55	56
SOOT COLLECT TK	7,2	3,6	12,400	-8,343	14,254	45	-30	51
G/E NO.1 LO OVERFL.TK	2,0	1,0	14,800	-4,675	11,500	15	-5	12
G/E NO.2 LO OVERFL.TK	2,0	1,0	14,800	-1,600	11,500	15	-2	12
G/E NO.3 LO OVERFL.TK	2,0	1,0	14,800	1,700	11,500	15	2	12
BILGE PRIMARY TK	11,5	5,75	36,000	8,730	8,571	207	50	49
SEWAGE COLLECT	12,0	6,0	27,200	6,650	9,705	163	40	58
FO DRAIN TK	8,3	3,6	27,888	-3,451	1,712	100	-12	6
Всього		139,41	25,82	1,52	5,21	3599	212	727
ВСЬОГО ЗАПАСІВ		2962,9	36,12	-0,59	15,67	107023	-1734	46416

Розміщення баласту приведені в табл. 4.3.

Таблиця 4.3- Розміщення баласту

Найменування цистерн	Міст- кість, т	Маса, т	Плечі, м			Моменти, тм		
			x	y	z	M _x	M _y	M _z
1	2	3	4	5	6	7	8	9
F.P.TK	1730,3	16,96	257,896	0,000	0,333	4374	0	6
NO.1 WB.TK (P)	3941,7	39,42	234,701	5,812	0,059	9252	229	2
NO.1 WB.TK (S)	3941,7	39,42	234,701	-5,812	0,059	9252	-229	2
NO.2 WB.TK (P)	3964,2	39,64	203,988	10,133	0,029	8086	402	1

Продовження табл.4.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9
NO.2 WB.TK (S)	3964,2	39,64	203,988	-10,133	0,029	8086	-402	1
NO.3 WB.TK (P)	4104,1	41,04	171,227	11,156	0,028	7027	458	1
NO.3 WB.TK (S)	4104,1	41,04	171,227	-11,156	0,028	7027	-458	1
NO.4 WB.TK (P)	4104,1	41,04	137,640	11,166	0,027	5649	458	1
NO.4 WB.TK (S)	4104,1	41,04	137,640	-11,166	0,027	5649	-458	1
NO.5 WB.TK (P)	3961,5	39,62	105,441	9,739	0,031	4178	386	1
NO.5 WB.TK (S)	3961,5	39,62	105,441	-9,739	0,031	4178	-386	1
NO.6 WB.TK (P)	4490,4	44,90	70,808	4,908	0,064	3179	220	3
NO.6 WB.TK (S)	4490,4	44,90	70,808	-4,908	0,064	3179	-220	3
A.P.TK	1435,4	170,15	7,575	-0,153	12,509	1289	-26	2128
Всього баласту		678,43	118,52	-0,04	3,17	80405	-26	2152

Розподіл вантажів представлено в табл.4.4.

Таблиця 4.4 – Розподіл вантажів

Найменування приміщень	Заповнення, %	Маса, т	Плечі, м			Моменти, тм		
			x	y	z	M _x	M _y	M _z
1	2	3	4	5	6	7	8	9
NO.1 C.O.TK(P)	90,734	9595,84	236,786	8,921	12,835	2272161	85604	123163
NO.1 C.O.TK(S)	90,649	9597,99	236,786	-8,921	12,826	2272670	-85624	123104
NO.2 C.O.TK(P)	91,132	11815,31	204,840	10,537	12,437	2420248	124498	146947
NO.2 C.O.TK(S)	90,831	11764,55	204,840	-10,536	12,406	2409850	-123951	145951
NO.3 C.O.TK(P)	91,973	11913,34	171,240	10,539	12,524	2040040	125555	149203
NO.3 C.O.TK(S)	91,875	11900,56	171,240	-10,539	12,514	2037852	-125420	148924
NO.4 C.O.TK(P)	90,382	11677,87	137,640	10,535	12,358	1607342	123026	144315

Продовження табл.4.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9
NO.4 C.O.TK(S)	87,232	11300,19	137,640	-10,526	12,031	1555358	-118946	135953
NO.5 C.O.TK(P)	85,980	11097,47	104,092	10,490	11,932	1155158	116412	132415
NO.5 C.O.TK(S)	85,888	11088,56	104,092	-10,490	11,923	1154230	-116319	132209
NO.6 C.O.TK(P)	87,916	10278,49	71,034	9,706	12,880	730122	99763	132387
NO.6 C.O.TK(S)	88,341	10329,15	71,031	-9,710	12,923	733690	-100296	133484
SLOP TK(P)	80,145	1534,16	50,465	8,476	13,125	77421	13004	20136
SLOP TK(S)	79,865	1304,60	50,473	-9,307	12,458	65847	-12142	16253
ВСЬОГО ВАНТАЖУ:		135198,08	151,87	0,04	12,46	20531989	5164	1684444

На основі виконаних розподілів вантажу, баласту і запасів складемо таблицю зведених даних і розрахунку водотоннажності з координатами центра ваги судна на відхід і на прихід.

Таблиця 4.5 – Зведені дані і розрахунок водотоннажності на відхід

Найменування статей навантаження	Маса, т	Плечі, м			Моменти, тм		
		x	y	z	M _x	M _y	M _z
Судно порожнем	26605,8	122,12	-0,036	13,31	3249100	-958	354123
Константа	85,0	95,106	0,000	17,464	8084	0	1484
Суднові запаси	3350,6	36,10	-0,49	16,22	120952	-1656	54338
Вантаж	135198,08	151,87	0,04	12,46	20531989	5164	1684444
Баласт	678,43	118,52	-0,04	3,17	80405	-26	2152
Всього водотоннажність	165917,9	144,59	0,015	12,64	23990530	2524	2096541

Таблиця 4.6 – Зведені дані і розрахунок водотоннажності на прихід

Найменування статей навантаження	Маса, т	Плечі, м			Моменти, тм		
		x	y	z	M_x	M_y	M_z
Судно порожнем	26605,8	122,12	-0,036	13,31	3249100	-958	354123
Константа	85,0	95,106	0,000	17,464	8084	0	1484
Суднові запаси	2962,9	36,12	-0,59	15,67	107023	-1734	46416
Вантаж	135198,08	151,87	0,04	12,46	20531989	5164	1684444
Баласт	678,43	118,52	-0,04	3,17	80405	-26	2152
Всього водотоннажність	165530,2	144,85	0,015	12,62	23976601	2446	2088619

Схематично розподіл вантажу представлено на рис.4.1.

VESEL: FRONT COSMOS

VOYAGE NO.: 01

PORT/TERMINAL: Tanjung Pelepas

DATE: 05.08.25

Drafts		Deadweight:
Fwd:	15,59	139312,1
Mid:	16,65	Displacement:
Aft:	15,71	165917,9
Trim	-0,12	

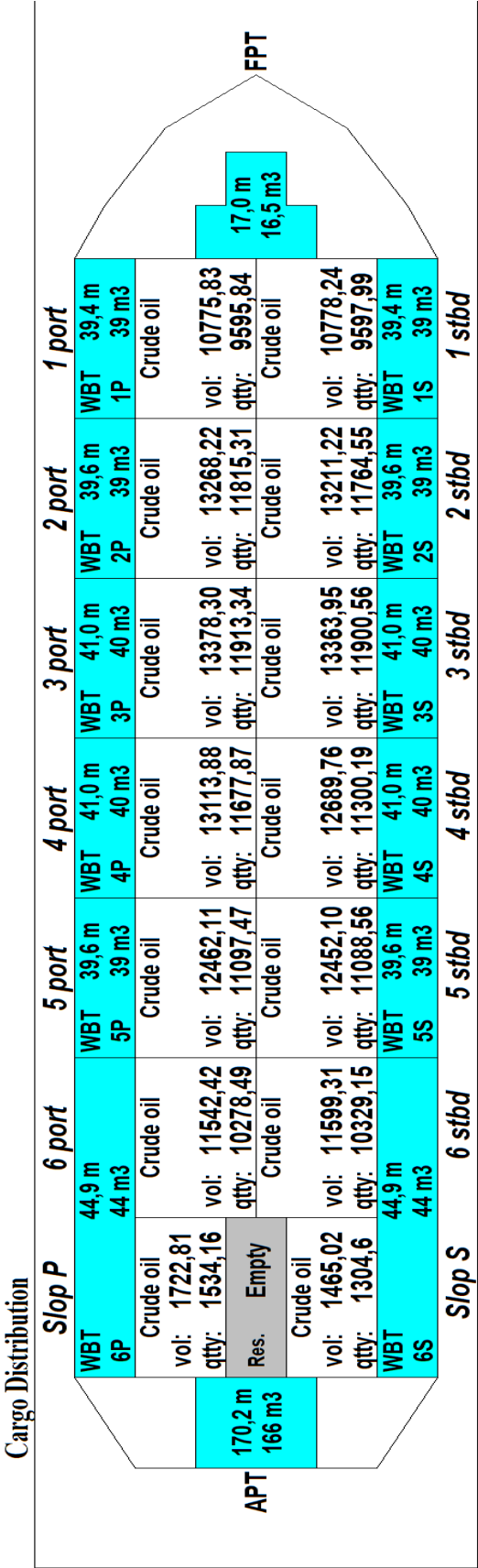


Рисунок 4.1 – Вантажний план судна

4.2 Розрахунки посадки та початкової остійності

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

Таблиця 4.7 – Розрахунок посадки судна на відхід і прихід

Найменування величин	Позначення і формули	Значення величин	
		Відхід	Прихід
1	2	3	4
Водотоннажність масова, т	D	165917,9	165530,2
Абсциса центра ваги судна, м	x_g	144,59	144,85
Водотоннажність об'ємна, м ³	$V = D / \rho$	161871	161493
Густина води, т/м ³	ρ	1,025	1,025
Осадка судна, м	T	15,65	15,62
Момент диферентуючий на 1 см, тм/см	M_{cm}	2305,5	2303,6
Абсциса центра плавучості судна, м	x_c	144,754	144,781
Абсциса Ц.В. площі ватерлінії, м	x_f	134,47	134,51
Апліката поперечного метacentра, м	z_m	20,84	20,85
Коефіцієнт загальної повноти	δ	0,795	0,795
Диферент судна, м	$d = D(x_g - x_c) / (100M_{cm})$	-0,12	0,05
Осадка судна носом, м	$T_H = T + (L/2 - x_f) d/L$	15,59	15,65
Осадка судна кормою, м	$T_K = T_H - d$	15,71	15,60

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

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

Таблиця 4.8 – Поправки на вплив вільної поверхні рідких вантажів

Найменування цистерн	Δm_h , тм
1	2
NO.1 HFO TK(P)	1951
NO.1 HFO TK (S)	1133
NO.2 HFO TK (P)	231
L.S. HFO TK	219
MGO STOR.TK	170
F.W.TK (P)	219
DRINK W.TK	81
OIL B.W.TK	62
F.P.TK	359
NO.1 WB.TK (P)	5881
NO.1 WB.TK (S)	5881
NO.2 WB.TK (P)	24521
NO.2 WB.TK (S)	24521
NO.3 WB.TK (P)	31780
NO.3 WB.TK (S)	31780
NO.4 WB.TK (P)	31848
NO.4 WB.TK (S)	31848
NO.5 WB.TK (P)	22431
NO.5 WB.TK (S)	22431
NO.6 WB.TK (P)	4479
NO.6 WB.TK (S)	4479
A.P.TK	2650
NO.1 C.O.TK(P)	17311
NO.1 C.O.TK(S)	17328

Продовження табл. 4.8

1	2
NO.2 C.O.TK(P)	24820
NO.2 C.O.TK(S)	24795
NO.3 C.O.TK(P)	24797
NO.3 C.O.TK(S)	24797
NO.4 C.O.TK(P)	24764
NO.4 C.O.TK(S)	24799
NO.5 C.O.TK(P)	24788
NO.5 C.O.TK(S)	24796
NO.6 C.O.TK(P)	24747
NO.6 C.O.TK(S)	24746
SLOP TK(P)	4703
SLOP TK(S)	2427
Сума: $\Sigma \Delta m_h$	538573

Розрахунок параметрів початкової остійності виконаний у табл.4.9.

Таблиця 4.9 – Розрахунок параметрів початкової остійності

Найменування величин	Позначення і формули	Значення величин	
		Відхід	Прихід
Водотоннажність масова, т	D	165917,9	165530,2
Невиправлена апліката центра ваги судна, м	z_{g0}	12,64	12,62
Апліката поперечного метацентра, м	z_m	20,84	20,85
Невиправлена метацентрична висота, м	$h_0 = z_m - z_{g0}$	8,20	8,23
Виправлення на вільні поверхні, м	$\Delta h = \Sigma \Delta m_h / D$	3,25	3,25
Виправлена апліката центра ваги судна, м	$z_g = z_{g0} + \Delta h$	15,89	15,87
Виправлена метацентрична висота, м	$h = h_0 - \Delta h$	4,95	4,98
Кут крену, °	$\theta = 57,3 \Sigma M_y / (D \cdot h)$	0,18	0,17

4.3 Контроль остійності за матеріалами Інформації

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

Таблиця 4.10– Перевірка остійності з критичного піднесення ЦТ судна

Найменування величин	Позначення і формули	Значення величин	
		Відхід	Прихід
Водотоннажність масова, т	D	165917,9	165530,2
Виправлена апліката центра ваги судна, м	z_g	15,89	15,87
Максимальна гранична апліката центра ваги судна, м	$z_g^{\max}$	18,64	18,64

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

4.4 Розрахунок і побудова діаграм остійності

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

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.

Плечі остійності ваги необхідно розраховувати по формулі:

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

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

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

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

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

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

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

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

Таблиця 4.11 – Розрахунок плечей статичної остійності на відхід

Водотоннажність D, т							165917,9	
Апліката центра ваги судна z_{g0} , м							12,64	
Апліката умовного центра мас z_m , м (поліус – точка «О»)							0,00	
Виправлена апліката центра ваги судна, $z_g = z_{g0} + \Delta h$, м							15,89	
$\Delta\theta = 0,1745 \approx 10^\circ/57,3$								
Кут крену θ°	Плеche форми, l_ϕ , м	$\sin \theta^\circ$	$(z_g - z_m) \cdot \sin \theta^\circ$	Плеche статичної остійності $l = l_\phi - z_g \cdot \sin \theta^\circ$, м	Множ-ник	Добу-ток	Множ-ник	Добуток
0	0,00	0,000	0,000	0,000	1	0,000	1	0,000
10	3,649	0,174	2,765	0,884	4	3,536	3	2,652
20	7,283	0,342	5,434	1,849	2	3,698	3	5,547
30	10,127	0,500	7,945	2,182	4	8,728	1	2,182
40	12,134	0,643	10,217	1,917	1	1,917	$\sum_{30}$	10,381
50	13,312	0,766	12,172	1,140	$\sum_{40}$	17,879	$a_{0-30} = 0,679$	
60	13,836	0,866	13,761	0,075	$a_{0-40} = 1,040$			
					$a_{30-40} = 1,040 - 0,679 = 0,361$			

Таблиця 4.12 – Розрахунок плечей статичної остійності на прихід

Водотоннажність D, т							165530,2	
Апліката центра ваги судна z _{g0} , м							12,62	
Апліката умовного центра мас z _m , м (полюс – точка «О»)							0,00	
Виправлена апліката центра ваги судна, z _g = z _{g0} + Δh, м							15,87	
Δθ = 0,1745 ≈ 10°/57,3								
Кут крену θ°	Плече форми, l _φ , м	sin θ°	(z _g - z _m) · sin θ°	Плече статичної остійності l = l _φ - z _g · sin θ°, м	Множ-ник	Добу-ток	Множ-ник	Добуто-к
1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0,00	0,000	0,000	0,000	1	0,000	1	0,000
10	3,652	0,174	2,761	0,891	4	3,564	3	2,673
20	7,289	0,342	5,428	1,861	2	3,722	3	5,583
30	10,142	0,500	7,935	2,207	4	8,828	1	2,207
40	12,152	0,643	10,204	1,948	1	1,948	Σ ₃₀	10,463
50	13,328	0,766	12,156	1,172	Σ ₄₀	18,062	a ₀₋₃₀ = 0,685	
60	13,848	0,866	13,743	0,105	a ₀₋₄₀ = 1,051			
					a ₃₀₋₄₀ = 1,051-0,685 = 0,366			

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

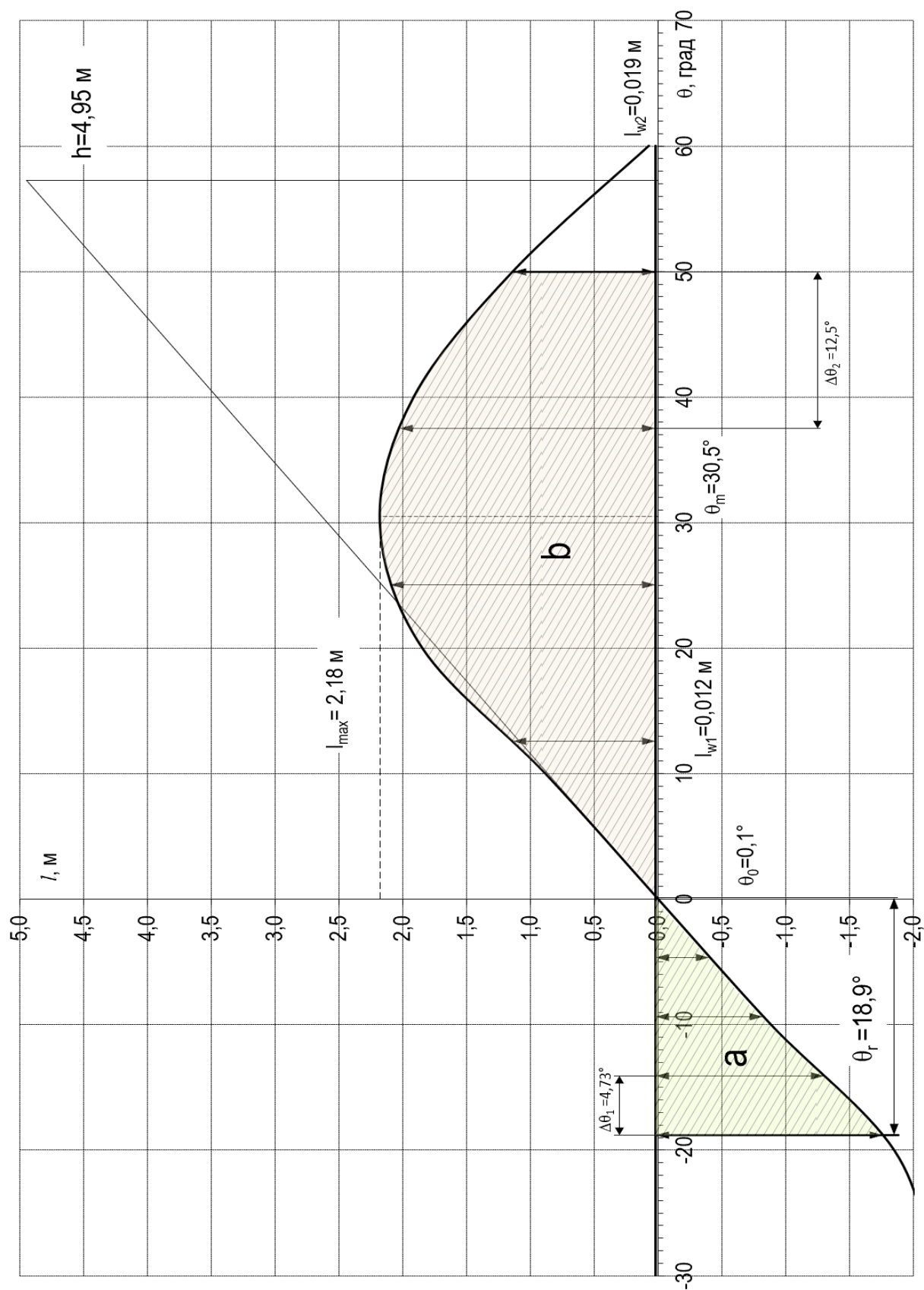


Рисунок 4.2 – Діаграма статичної остійності на відхід і визначення критерію погоди

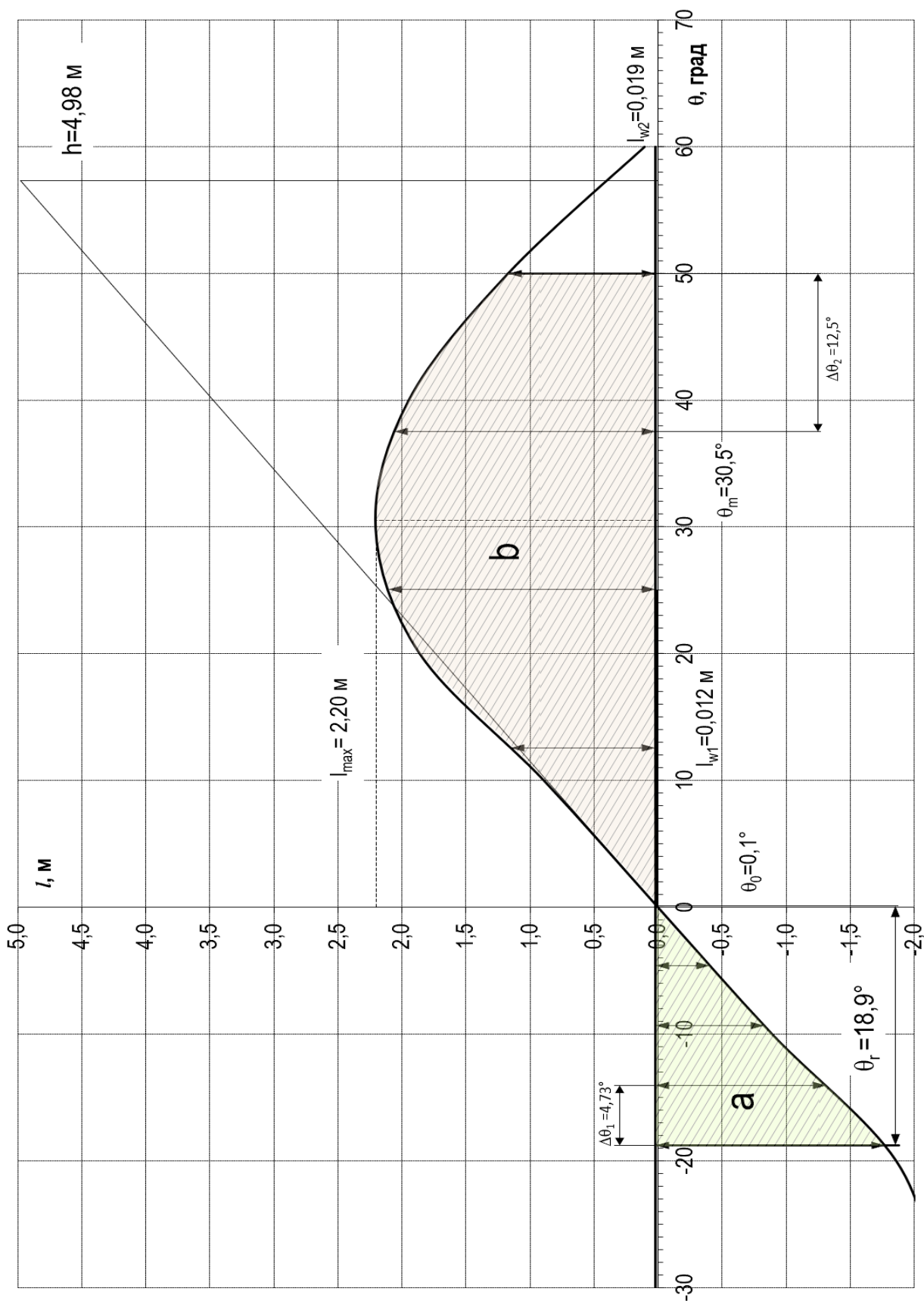


Рисунок 4.3 – Діаграма статичної остійності на прохід і визначення критерію погоди

4.5 Розрахунки нормованих параметрів остійності

Рекомендовані критерії остійності неущкоджених суден Міжнародною Морською Організацією (ІМО) містяться в Adoption of the International Code on Intact Stability, 2008 [32], Resolution MSC.267(85) [29].

Розрахунок нормованих параметрів остійності виконаний у табл. 4.13.

Таблиця 4.13 – Розрахунок нормованих параметрів остійності

Найменування величин	Позначення і формули	Значення величин	
		Відхід	Прихід
1	2	3	4
Водотоннажність масова, т	D	165917,9	165530,2
Осадка судна, м	T	15,65	15,62
Виправлена метацентрична висота, м	h	4,95	4,98
Плече кренувального моменту від тиску вітру, м	l_{w1} (з Інформації)	0,012	0,012
Кренувальне плече від пориву вітру, м	l_{w2} (з Інформації)	0,019	0,019
Відносна площа скулових кілей, %	$100 A_K / (L B)$	0,235	
Коефіцієнт	k	0,995	
Відносна ширина	B/T	3,07	3,07
Безрозмірний множник	X_1	0,886	0,886
Коефіцієнт загальної повноти	δ	0,795	0,795
Безрозмірний множник	X_2	1,000	1,000
Інерційний коефіцієнт	$c=0,373+0,023B/T-0,043L/100$	0,327	0,327
Період хитавиці, с	$T_\theta = 2 c B / \sqrt{h}$	14,1	14,1
Коефіцієнт	S	0,0526	0,0526
Коефіцієнт	$r = 0,73+0,6 (z_g-T)/T$	0,739	0,740
Амплітуда хитавиці, °	$\theta_r = 109 k X_1 X_2 \sqrt{r S}$	18,9	18,9
Кут заливання, °	θ_f	51,6	51,6

Продовження табл.4.13

1	2	3	4
Кут входу палуби у воду, °	$\theta_d = \arctg(2(H-T)/B)$	17,5	17,5
Кут крену від постійного вітру, °	θ_0	0,1	0,1
Кут крену при хитавиці назустріч вітру, °	$\theta_1 = \theta_r - \theta_0$	18,8	18,8
Границя площ.“b” діаграми праворуч, °	θ_b	50,0	50,0
Площа “a” діаграми, м-рад	A	0,287	0,289
Площа “b” діаграми, м-рад	B	1,292	1,307
Критерій погоди	$K = b / a$	4,50	4,52

Для визначення критерію погоди на діаграмах статичної остійності необхідно побудувати площі “a” і “b”. Для розрахунку величини площ “a” і “b” використаємо правило Сімпсона. Для цього площі “a” і “b” діляться на чотири ділянки однакової довжини по куту крену.

Розрахунок площ виконується в табличній формі аналогічно розрахунку площі a_{0-40} . При цьому, замість множника 0,1745, приймаємо довжини ділянок $\Delta\theta_1$ і $\Delta\theta_2$ у радіанах.

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

$\Delta\theta_1 = (\theta_1 + 1,5\theta_0)/4 = (18,8 + 1,5 \cdot 0,1)/4 = 4,73^\circ$ $\Delta\theta_1^{\text{рад}} = 4,73^\circ/57,3 = 0,0825$ рад					
$\Delta\theta_2 = (\theta_b - 1,5\theta_0)/4 = (50 - 1,5 \cdot 0,1)/4 = 12,48^\circ$ $\Delta\theta_2^{\text{рад}} = 12,48^\circ/57,3 = 0,2177$ рад					
a_i	k_i	$a_i \cdot k_i$	b_i	k_i	$b_i \cdot k_i$
$a_1 = 1,78$	1	1,780	$b_1 = 0$	1	0
$a_2 = 1,32$	4	5,280	$b_2 = 1,12$	4	4,480
$a_3 = 0,84$	2	1,680	$b_3 = 2,08$	2	4,160
$a_4 = 0,42$	4	1,680	$b_4 = 2,01$	4	8,040
$a_5 = 0$	1	0	$b_5 = 1,121$	1	1,121
		$\Sigma_a = 10,42$			$\Sigma_b = 17,801$

Продовження табл. 4.14

1	2
$a = \frac{1}{3} \Sigma a \cdot \Delta \theta_1^{\text{рад}} = \frac{1}{3} 10,42 \times 0,0825$ $= 0,287$	$b = \frac{1}{3} \Sigma b \cdot \Delta \theta_2^{\text{рад}} = \frac{1}{3} 17,801 \times 0,2177$ $= 1,292$

Розрахунок визначення площ “a” і “b” на відхід та прихід за правилом Сімпсона наведено в табл.4.14 та табл. 4.15.

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

$\Delta \theta_1 = (\theta_1 + 1,5\theta_0)/4 = (18,8 + 1,5 \cdot 0,1)/4 = 4,73^\circ$ $\Delta \theta_1^{\text{рад}} = 4,73^\circ / 57,3 = 0,0825$ рад					
$\Delta \theta_2 = (\theta_b - 1,5\theta_0)/4 = (50 - 1,5 \cdot 0,1)/4 = 12,48^\circ$ $\Delta \theta_2^{\text{рад}} = 12,48^\circ / 57,3 = 0,2177$ рад					
a_i	k_i	$a_i \cdot k_i$	b_i	k_i	$b_i \cdot k_i$
$a_1 = 1,79$	1	1,790	$b_1 = 0$	1	0
$a_2 = 1,33$	4	5,320	$b_2 = 1,13$	4	4,520
$a_3 = 0,85$	2	1,700	$b_3 = 2,09$	2	4,180
$a_4 = 0,425$	4	1,700	$b_4 = 2,04$	4	8,160
$a_5 = 0$	1	0	$b_5 = 1,153$	1	1,153
		$\Sigma a = 10,51$			$\Sigma b = 18,013$
$a = \frac{1}{3} \Sigma a \cdot \Delta \theta_1^{\text{рад}} = \frac{1}{3} 10,51 \times 0,0825$ $= 0,289$			$b = \frac{1}{3} \Sigma b \cdot \Delta \theta_2^{\text{рад}} = \frac{1}{3} 18,013 \times 0,2177$ $= 1,307$		

4.6 Перевірка виконання рекомендованих ІМО критеріїв остійності

Виконаємо перевірку остійності за загальними вимогами ІМО порівнюючи розраховані значення с нормативними.

Таблиця 4.16 – Перевірка виконання загальних вимог Кодексу ІМО

Найменування величин	Позна-чення	Значення величин			Викон. (YES/ NO)
		норма-тивні	відхід	прихід	
Площа під ДСО до кута крену 30^0 , м·рад	A_{30}	$\geq 0,055$	0,679	0,685	YES
Площа під ДСО до кута крену 40^0 , м·рад	A_{40}	$\geq 0,09$	1,040	1,051	YES
Площа під ДСО між 30° і 40° , м рад	A_{30-40}	$\geq 0,03$	0,361	0,366	YES
Плече ДСО при куті крену 30° або більше, м	l_{30}	$\geq 0,20$	2,182	2,207	YES
Кут крену, що відповідає максимуму ДСО, $^\circ$	θ_m	≥ 25	30,5	30,5	YES
Виправлена метацентрична висота, м	h	$> 0,15$	4,95	4,98	YES
Критерій погоди	K	≥ 1	4,50	4,52	YES
Кут крену від постійного вітру, $^\circ$	θ_0	$\leq 14,0$	0,1	0,1	YES

На відхід і прихід остійність судна задовольняє всім вимогам ІМО.

4.7 Перевірка загальної поздовжньої міцності корпусу

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

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

Розрахунок міцності виконаємо використовуючи суднову програму ShipManager-88 (Version: FINAL 8.0) схвалену класифікаційним товариством.

Результати розрахунку по судновій програмі перерізуючої сили, SF і згинального моменту BM на відхід судна представлені в табл.4.17.

Таблиця 4.17. – Перевірка подовжньої міцності на відхід

Переріз	SF, т	SFsea, %	Доп.SF, т	BM, тм	BMsea, %	Доп.BM, тм
31	-16	*****	*****	13264	18	75680
38	-419	*****	*****	11936	11	104875
45	-1184	*****	*****	7714	6	132655
50	-1728	*****	*****	1920	1	161225
59	-2517	27	-9200	-13440	8	-170300
61	-2395	28	-8500	-29390	15	-196870
64.5	-1713	29	-5850	-63269	24	-265880
68	-918	7	-12500	-87253	28	-315000
71.5	-932	10	-9800	-102334	32	-315000
75	-905	7	-12200	-119077	38	-315000
78.5	-772	6	-12500	-133021	42	-315000
82	-382	2	-16700	-144272	46	-315000
85.5	52	1	7100	-147187	47	-315000
89	754	7	10700	-142031	45	-315000
92.5	1136	17	6700	-126054	40	-315000
96	1982	19	10200	-102387	47	-219933
99.5	2674	49	5500	-60822	49	-123000
103	2894	60	4800	-16024	50	-32000

На рис. 4.4 представлена епюра перерізуючих сил і згинальних моментів на відхід судна з порту Танджунг-Пелепас.

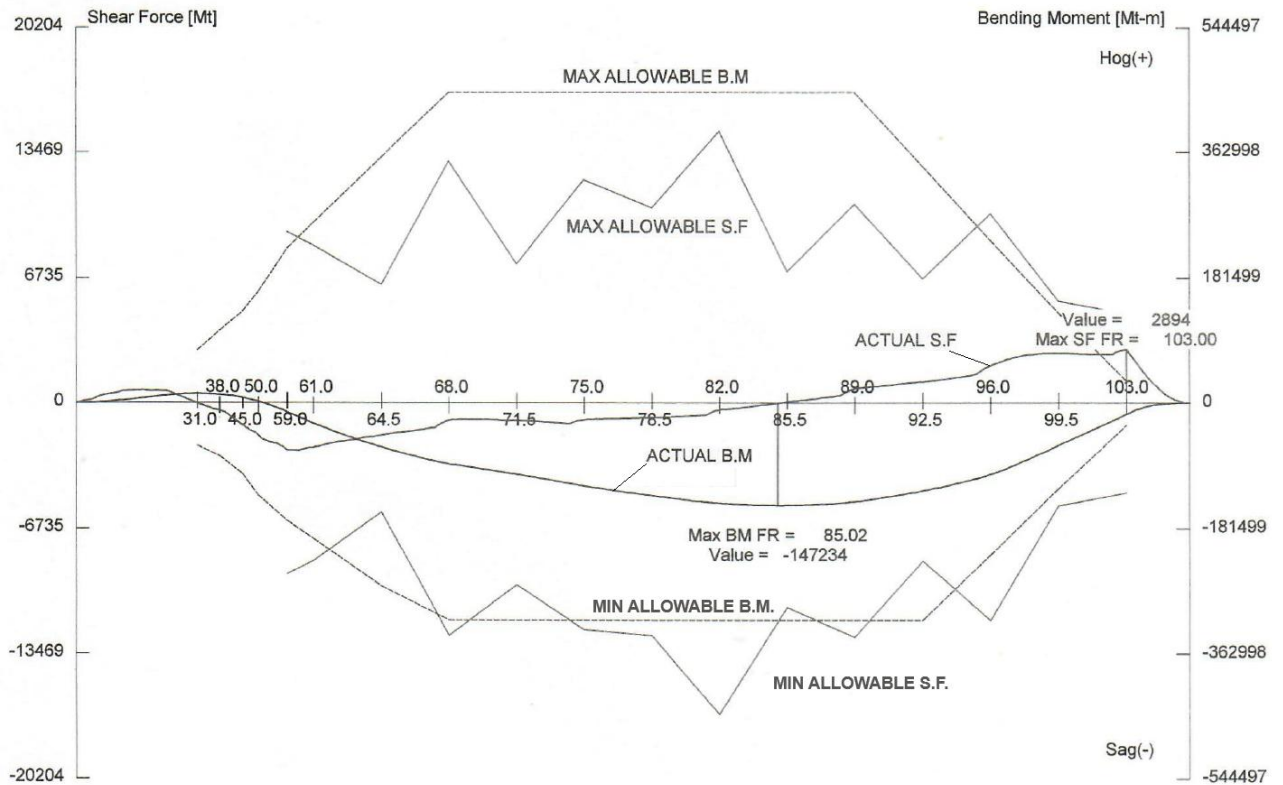


Рисунок 4.4 – Епюра перерізуючих сил і згинальних моментів на відхід

Максимальна перерізуюча сила 2894 т на 103 шпангоуті.

Максимальний згинальний момент -147234 тм на 85,02 шпангоуті.

За результатами розрахунків, які представлені в табл.4.17 і на рис.4.4 можна зробити висновок, що протягом усього рейсу загальна поздовжня міцність забезпечена.

РОЗДІЛ 5

ІНТЕГРАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЙ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В СИСТЕМУ БЕЗПЕЧНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ НАФТОВИХ ТАНКЕРІВ

5.1 Значення штучного інтелекту для індустрії морських перевезень нафти

Індустрія морських перевезень сирої нафти є однією з найбільш відповідальних і водночас ризиконебезпечних сфер міжнародної логістики. Танкерні перевезення становлять понад 30 % світового морського фрахту та забезпечують транспортування близько 60 % глобального обсягу сирої нафти [52]. Особливості вантажу, великі розміри суден, складність навігаційних умов і значний вплив людського фактора формують високий рівень потенційних загроз як для судна та екіпажу, так і для навколишнього природного середовища. За даними International Tanker Owners Pollution Federation (ITOPF), у період 2010–2023 рр. було зареєстровано понад 1200 інцидентів, пов'язаних з аваріями танкерів, з яких приблизно 10 % призвели до масштабних розливів нафти [47]. Відомі аварії останніх років – «Sanchi» (2018), «Wakashio» (2020), «Aegean Sea» (2022) – підтверджують, що навіть один інцидент здатний спричинити катастрофічні екологічні та економічні наслідки.

Екологічний аспект є одним із ключових у проблематиці морських перевезень нафти. Згідно з дослідженням Li та Xu (2022), наслідки великих розливів можуть залишатися в морській екосистемі десятиліттями, а відновлення природних ресурсів є вкрай повільним [44]. Розлив унаслідок аварії танкера «Wakashio» у 2020 році став причиною викиду понад 1000 тонн нафтопродуктів, що призвело до забруднення 27 км узбережжя та викликало значні соціально-економічні наслідки для локальних громад [44]. На глобальному рівні, за оцінками IOPC Funds, середня вартість ліквідації наслідків великого розливу

нафти становить 50–200 млн дол. США, що підкреслює економічну масштабність проблеми [40].

Окрім екологічних, суттєвими є технічні та навігаційні ризики. За статистикою International Maritime Organization, 14 % аварій танкерного флоту у 2015–2022 роках були спричинені пожежами та вибухами у вантажних танках або насосних відділеннях, що здебільшого пов'язано з порушеннями роботи інертної газової системи або неправильним виконанням вантажних операцій [26]. Такі інциденти особливо небезпечні на танкерах, де наявність парів вуглеводнів створює загрозу миттєвого займання. Так само небезпечними є навігаційні зіткнення: за даними EMSA Maritime Accident Review 2023, до 58 % аварій у Європейському морському регіоні сталися через зіткнення або небезпечні зближення суден, а понад 75 % таких випадків прямо пов'язані з людським фактором [45].

Людський фактор визначається як основна причина морських інцидентів за останні півстоліття. Міжнародна морська організація у своєму документі Human Element Vision, Principles and Goals підтверджує, що понад 3/4 аварій виникають через помилки екіпажу – втому, неправильну оцінку ситуації, відхилення від процедур, брак контролю за системами або надмірне когнітивне навантаження [26]. Особливо це стосується великих танкерів класу VLCC та ULCC, які мають значну інерційність, а їхнє маневрування потребує високої точності та швидкості оцінки навігаційної ситуації. У таких умовах традиційні засоби контролю та навігації дедалі частіше виявляються недостатніми.

У зв'язку з цим сучасний науковий дискурс та практична діяльність судноплавних компаній характеризуються зміщенням акценту на впровадження інтелектуальних цифрових систем, зокрема технологій штучного інтелекту (ШІ). ШІ-алгоритми дозволяють аналізувати великі масиви даних, прогнозувати можливі аварійні сценарії, контролювати роботу обладнання та мінімізувати ризики, пов'язані з людським фактором. За результатами дослідження Zhang та ін. (2023), використання моделей машинного навчання в системах прогнозування зіткнень дозволяє зменшити ризик небезпечних зближень на 30–40%,

забезпечуючи своєчасну підтримку ухвалення рішень відповідно до правил COLREGs [60].

Суттєвий потенціал ШІ продемонстровано і в сфері прогнозного технічного обслуговування (predictive mШИntenance). Згідно з дослідженням Sun та ін. (2023), алгоритми аналізу часових рядів можуть виявляти аномалії у роботі головного двигуна, насосних систем, клапанів та інертної газової системи за 6–12 годин до фактичної відмови, що значно знижує ймовірність пожеж і технічних інцидентів на борту [56]. Це особливо важливо для танкерів, де відмова окремих елементів вантажної системи може призвести до неконтрольованих витоків нафти.

Не менш важливим є впровадження систем комп'ютерного зору для контролю дій екіпажу та дотримання вимог ISGOTT. За результатами роботи Fernández і Holm (2025), використання відеоаналітики для моніторингу поведінки персоналу дозволило зменшити кількість небезпечних інцидентів під час вантажних операцій на 27 % [17]. Такі системи здатні виявляти порушення техніки безпеки, небезпечні позиції на палубі, відсутність засобів індивідуального захисту та інші ризикові фактори.

Штучний інтелект також активно застосовується у системах підтримки ухвалення рішень у складних навігаційних та технологічних сценаріях. За даними Karlsson (2024), ШІ-рішення у складі Decision Support Systems (DSS) дозволяють суттєво підвищити точність оцінки ризиків, зменшити час реагування та покращити контроль над критичними операціями під час швартування, проходження вузьких акваторій або виконання вантажних операцій [41].

Таким чином, поєднуючи переваги автоматизації, аналітики великих даних та адаптивних моделей прогнозування, ШІ здатен істотно знизити аварійність, підвищити навігаційну точність, забезпечити контроль над технічним станом суднових систем і сприяти екологічній безпеці. У результаті впровадження ШІ формує нову парадигму експлуатації нафтових танкерів – від високоризикового експлуатаційного сектору до технологічно розвиненої, контрольованої та

безпечної галузі морського транспорту. Штучний інтелект дозволяє вирішувати кілька критичних завдань: підвищення точності навігаційних рішень, передбачення небезпечних ситуацій до їх виникнення, зменшення людського фактора, автоматизація вантажних операцій, підвищення економічної ефективності рейсів.

Таким чином, ШІ стає не тільки інструментом оптимізації, але й ключовим елементом загальної системи безпеки танкерів.

5.2 Оптимізація маршрутизації танкерів на основі ШІ

Маршрутизація нафтових танкерів є одним із найбільш критичних аспектів їхньої експлуатації, оскільки тривалі морські переходи включають велику кількість змінних, що постійно змінюються та взаємодіють між собою. До таких змінних належать гідрометеорологічні умови, висота хвилі, швидкість і напрям вітру, океанографічні параметри, зокрема течії та термоклімати поверхневих шарів океану, щільність судноплавства в окремих районах, наявність акваторій з підвищеним ризиком, таких як райони піратської активності або військових конфліктів, а також вартість і прогнозна витрата палива [20, 52]. Нафтові танкери, особливо великотоннажні судна, мають значну інерційність, високу осадку та обмежені можливості для маневрування, що робить задачі навігації та вибору маршруту особливо важливими для забезпечення безпеки та ефективності рейсу.

Сучасні підходи до маршрутизації дедалі більше ґрунтуються на застосуванні технологій штучного інтелекту, які здатні інтегрувати великі масиви даних із різних джерел і формувати оптимальний маршрут у режимі реального часу. ШІ-системи аналізують одночасно понад 50–70 параметрів, включно з даними супутникового моніторингу, прогнозами штормових фронтів, мапами хвилювання, інформацією про течії, судновим трафіком та економічними показниками рейсу, формуючи оптимальні траєкторії руху [58].

Використання таких рішень дозволяє скорочувати тривалість рейсу на 3–8 % та зменшувати витрати палива на 5–12 %, що підтверджено аналітичним оглядом Clarksons Research (2023) [54].

Одним із ключових напрямів застосування ІІІ у маршрутизації є прогнозування небезпечних траєкторій інших суден. Моделі машинного навчання, такі як нейронні мережі та методи аналізу часових рядів, дозволяють передбачати ймовірні точки зближення на відстань до 15–30 хвилин наперед. У дослідженні Zhang et al. (2023) доведено, що ІІІ-моделі здатні знизити ризик небезпечних зближень танкерів на 30–40 % завдяки точному аналізу руху навколишніх суден та прогнозу сценаріїв розвитку навігаційної ситуації [60]. Це має вирішальне значення для танкерів, оскільки їхня здатність до швидкої зміни курсу або швидкості є обмеженою.

Ще одним важливим компонентом ІІІ-маршрутизації є автоматичний аналіз трафіку на основі AIS-даних. Сучасні ІІІ-системи здатні обробляти до 1 млн AIS-повідомлень на годину, класифікувати судна за ризиковими характеристиками, визначати зони підвищеної навігаційної складності та пропонувати альтернативні маршрути з мінімальним рівнем конфліктності [16]. Згідно з даними European Maritime Safety Agency (2023), використання інтелектуальних систем аналізу трафіку дозволило у деяких судноплавних компаніях зменшити кількість інцидентів, пов'язаних із небезпечними зближеннями, на 20–25 % [45].

Не менш важливою перевагою ІІІ є можливість адаптивної оптимізації маршруту відповідно до динамічних погодних умов. ІІІ-моделі інтегрують прогнози штормів, моделі хвиль (WaveWatch III), карти вітрів та океанічних течій, формуючи маршрути, що мінімізують бортове навантаження, ризик капітанських відхилень та витрату палива [21]. У роботі Lee et al. (2022) підкреслюється, що ІІІ-маршрутизація здатна зменшувати навантаження на корпус танкера на 15–22 % у період штормових умов завдяки уникненню районів з високими хвилями [43].

Штучний інтелект відіграє ключову роль і у виявленні ризикових сценаріїв зіткнень, формуючи цифрові карти ризиків на основі моделювання поведінки сусідніх суден, аналізу швидкості потоку трафіку та небезпечних маневрів. Такі системи, за даними Karlsson (2024), дозволяють зменшити час прийняття рішення капітаном на 20–30 %, підвищуючи шанси уникнути критичних ситуацій у районах з високою насиченістю суден [41].

Усі зазначені можливості є критично важливими саме для нафтових танкерів. Особливості їх конструкції – велика довжина, висока інерція руху, повільна реакція на кермові впливи – створюють ситуацію, коли навіть незначне відхилення від оптимального курсу може призвести до небезпечного зближення або зіткнення. Тому ІІІ-маршрутизація не тільки підвищує економічну ефективність рейсу, а й суттєво посилює рівень безпеки як судна, так і навколишнього середовища. Використання ІІІ-систем у маршрутизації танкерів формує нову парадигму управління морськими переходами – від традиційних методів, що спираються на досвід екіпажу, до комплексних цифрових рішень, що забезпечують високоточну, адаптивну та науково обґрунтовану оптимізацію навігації.

Таким чином, застосування ІІІ у навігації танкерів включає прогнозування небезпечних траєкторій інших суден, автоматичний аналіз трафіку на основі даних AIS, адаптивну оптимізацію маршруту відповідно до зміни погодних умов, виявлення ризикових сценаріїв зіткнень. Це є ключовим фактором підвищення безпеки саме для танкерів, які мають значну інерцію та складно маневрують.

5.3 Підвищення безпеки екіпажу та вантажу за допомогою комп'ютерного зору

Безпека екіпажу та вантажу на нафтових танкерах значною мірою залежить від своєчасного виявлення небезпечних ситуацій та контролю за дотриманням

процедур безпеки. За оцінками ІМО, близько 75 % аварійних подій у морському транспорті пов'язано з людським фактором [26]. Для танкерів, де будь-яка помилка під час вантажних операцій може призвести до пожежі, вибуху або розливу нафти, це особливо критично. На цьому тлі технології комп'ютерного зору (Computer Vision, CV) виступають одним із ключових напрямів цифровізації безпеки, дозволяючи автоматизувати нагляд за діями екіпажу та станом небезпечних зон у режимі реального часу.

Представимо технологічну архітектуру систем комп'ютерного зору на танкерах (рис. 5.1).

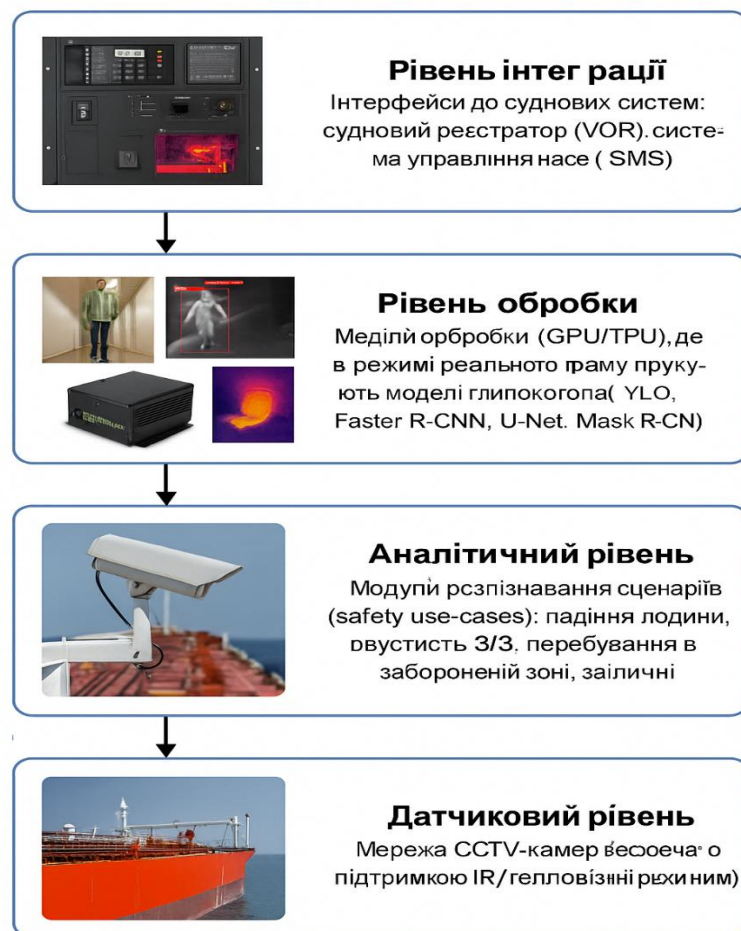


Рисунок 5.1 – Типова система комп'ютерного зору на танкерах

Типова система комп'ютерного зору для забезпечення безпеки включає кілька технологічних шарів:

Датчиковий рівень – мережа CCTV-камер високої роздільної здатності (часто з підтримкою IR/тепловізійних режимів) у ключових зонах: палуба, насосне відділення, швартові пристрої, трапи, машинне відділення, зони зберігання небезпечних вантажів [19, 25].

Рівень обробки (edge / бортові сервери) – спеціалізовані обчислювальні модулі (GPU/TPU), де в режимі реального часу працюють моделі глибокого навчання: детектори об'єктів (YOLO, Faster R-CNN), сегментатори (U-Net, Mask R-CNN), моделі оцінки пози людини (Human Pose Estimation – HPE) .

Аналітичний рівень – модулі розпізнавання сценаріїв (safety use-cases): падіння людини, перебування в забороненій зоні, залишені предмети, дим/полум'я, витік рідини тощо [17, 25].

Рівень інтеграції – інтерфейси до суднових систем: судновий реєстратор (VDR), система управління безпекою (SMS), тривожна сигналізація, платформи дистанційного моніторингу флоту .

Таким чином, завдяки такій архітектурі система може працювати майже автономно: аналізувати відеопотоки, виявляти відхилення та автоматично інформувати місток, вантажного оператора або береговий офіс.

Одним із найпоширеніших застосувань є PPE-контроль (Personal Protective Equipment). Моделі детектують на зображенні шоломи, захисні жилети, спецодяг, а далі логіка системи перевіряє, чи всі члени екіпажу у небезпечній зоні належно екіпіровані. У сучасних CV-системах для морської галузі зазначається можливість розпізнавати 20–30+ типових сценаріїв порушень безпеки, включно з відсутністю ЗІЗ, курінням у заборонених зонах, перебуванням біля відкритих люків тощо [19, 26].

Порівняльна таблиця систем контролю ЗІЗ та поведінки екіпажу на основі комп'ютерного зору представлена в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Порівняльна таблиця систем контролю ЗІЗ та поведінки екіпажу на основі комп’ютерного зору

Параметр	YOLO-based PPE Detection	MetaSight CV System	Примітки
Кількість сценаріїв порушень	20–30+ (стандартні safety-патерни)	30+ унікальних моделей CV	MetaSight охоплює більше сценаріїв
Типи розпізнавання	Шоломи, жилети, спецодяг, порушення зон	Ризикові патерни, поведінка екіпажу, небезпечні дії	MetaSight має ширший охоплення
Масштаб впровадження	Використовується в окремих судноплавних компаніях	300+ суден по всьому світу	MetaSight більш масштабна
Заявлена ефективність	Залежить від моделі та умов	До 90% пом’якшення ризикових дій	MetaSight демонструє найвищу ефективність

Таким чином, на практиці, система MetaSight, яка, за даними розробника, застосовує понад 30 унікальних моделей комп’ютерного зору та встановлена більш ніж на 300 суднах, при цьому «ефективно пом’якшує 90 % ризикових поведінкових паттернів» екіпажу. Це демонструє, що CV-рішення здатні не просто сигналізувати про інциденти, а й системно змінювати поведінку персоналу.

Ще одним напрямком застосування систем візуального контролю є виявлення падінь, травмонебезпечних ситуацій і зникнення людини. У зонах, де екіпаж працює на висоті, поруч з швартовою оснасткою, критично важливо швидко виявляти падіння або раптову втрату свідомості. Для цього використовуються моделі Human Pose Estimation (HPE), що відновлюють скелет людини за ключовими точками та дозволяють оцінити ненормальні пози (лежаче положення, різке падіння тощо) [19, 56]. Сучасні огляди з HPE відзначають, що точність визначення пози людини в контрольованих умовах перевищує 90–95 %, що достатньо для автоматичного триггеру тривоги [19].

На рис. 5.2 представлено, як змінюється точність моделей Human Pose Estimation в умовах роботи на танкері: контрольовані лабораторні умови, реальна робота на борту судна, низьке освітлення та часткове перекриття.

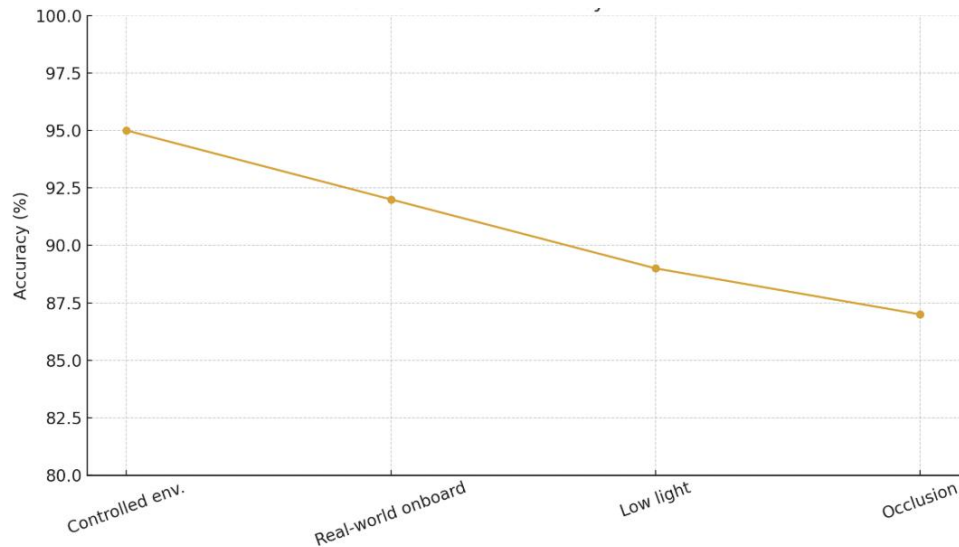


Рисунок 5.2 – Точність моделей Human Pose Estimation (HPE) у різних умовах роботи на нафтовому танкері

Отже, зазначені підходи вже інтегруються у морську практику: низка рішень для «digital ship» пропонує виявлення падінь, небезпечних рухів та «man-down» сценаріїв у реальному часі як один із базових safety-модулів [19]. Ще одним напрямком застосування комп'ютерного зору є моніторинг вантажних операцій та виявлення витоків. Комп'ютерний зір може відслідковувати положення рукавів, шлангів, положення запірної арматури, виявляти появу локальних плям рідини, контролювати зони під танками та в насосних відділеннях на предмет протікань, аналізувати рівень заповнення резервуарів за допомогою оптичних сенсорів і CV-аналізу поверхні. Зведені дані щодо можливостей застосування комп'ютерного зору для моніторингу операцій із нафтою на танкерах наведено у табл. 5.2.

Таблиця 5.2 – Можливості комп'ютерного зору для моніторингу операцій із нафтою

Моніторинг	Опис	Переваги	Недоліки
1	2	3	4
Положення рукавів/шлангів	Відслідковування положення шлангів, рукавів та запірної арматури.	Швидке виявлення неправильного підключення Зменшення ризику аварій під час завантаження/ розвантаження Автоматизований контроль без участі людини	Залежність від якості освітлення Потрібне правильне розташування камер

Продовження табл.5.2

1	2	3	4
Виявлення плям рідини	Виявлення локальних витоків та плям рідини на палубі.	Раннє виявлення витоків Зменшення ризику пожеж та забруднень Безперервний моніторинг у реальному часі	Можливі хибні спрацьовування через вологу/блиск Потребує регулярного очищення камер
Контроль насосних відділень	Моніторинг протікань у pump room та під танками.	Підвищення безпеки у важкодоступних зонах Зменшення часу реагування на інциденти Виявлення навіть малих протікань	Висока складність інфраструктури у насосних відділеннях Потребує спеціалізованого захисту камер
Аналіз рівня у резервуарах	Оптичний контроль рівня заповнення без контакту з вантажем.	Висока точність (до кількох мм) Безконтактний метод, не потребує проникнення у середовище Підвищує безпеку вантажних операцій	Чутливість до забруднення оглядових вікон Потреба у регулярній калібровці

Запропоновані оптичні системи контролю рівня в резервуарах дають змогу отримувати дані без фізичного контакту з середовищем, а точність визначення рівня за рахунок аналізу зображення досягає кількох міліметрів, що важливо для запобігання переповненню танків і перетискуванню трубопроводів.

Розглянемо зовнішній огляд корпусу та просторовий контроль.

CV-системи використовуються й для виявлення зовнішніх пошкоджень корпусу, обledenіння, наявності сторонніх об'єктів на палубі, а також для огляду бортів за допомогою дронів або роботизованих платформ. Окремі роботи демонструють, що виявлення структурних дефектів корпусу за допомогою CV-моделей може прискорити процес інспекції у 4–6 разів, забезпечуючи при цьому стабільно високий рівень повторюваності результатів [26].

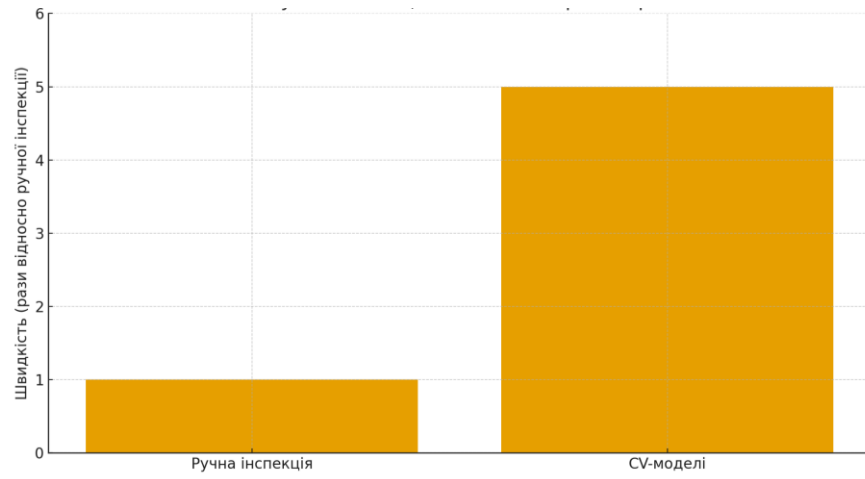


Рисунок 5.3 – Порівняння швидкості традиційної (ручної) інспекції корпусу та інспекції з використанням моделей комп'ютерного зору

На рис 5.3 наведено порівняння швидкості традиційної (ручної) інспекції корпусу та інспекції з використанням моделей комп'ютерного зору. У середньому CV-технології пришвидшують процес у 4–6 разів.

Сучасні дослідження демонструють, що методи комп'ютерного зору прискорюють процес інспекції у 4–6 разів та забезпечують стабільність виявлення дефектів навіть у складних морських умовах. Загальна швидкість інспекції розраховується за формулою:

$$v = S / t \quad (5.1)$$

де v – швидкість інспекції ($\text{м}^2/\text{год}$),

S – площа корпусу, що оглядається (м^2),

t – фактичний час огляду (год).

$$v_2 = k \cdot v_1 \quad (5.2)$$

де v_1 – швидкість ручної інспекції;

v_2 – швидкість CV-інспекції; k – коефіцієнт прискорення, встановлений експериментально [9]. .

Отже, комп'ютерний зір скорочує час інспекції з 6 годин до 1,2 години, що становить понад 80 % економії часу. Це робить CV одним із найбільш ефективних інструментів для технічного моніторингу танкерів. Отже, для

нафтових танкерів, які працюють із вибухонебезпечними вантажами, поєднання: автоматизованого контролю дій екіпажу (PPE, робота в небезпечних зонах), моніторингу вантажних операцій (клапани, шланги, рівень у танках), виявлення падінь і травмонебезпечних ситуацій та дистанційного огляду корпусу та палуби. На відміну від традиційних CCTV-систем, де вся відповідальність лежить на людині-спостерігачі, комп'ютерний зір забезпечує постійну, ненасичувану увагу до критичних зон судна, автоматично генерує попередження та дає можливість береговому персоналу отримувати об'єктивну картину подій. У сукупності з іншими ШІ-модулями (прогнозне ТО, навігаційна аналітика) CV-системи стають важливим елементом переходу танкерної індустрії до концепції з вищим рівнем безпеки екіпажу та вантажу.

5.4 Аналіз існуючих та потенційних рішень (стартапів) з використанням штучного інтелекту

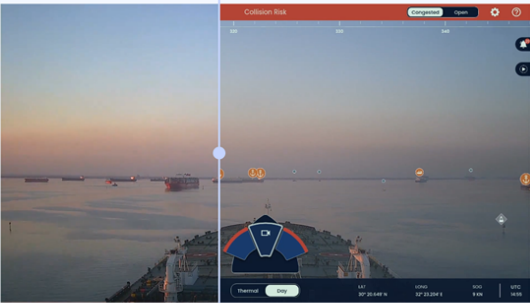
Проаналізуємо декілька існуючих та потенційних рішень (стартапів) з підтримкою ШІ [1].

1. Технологія Sea Pod

Sea Pod призначена для інтелектуального виявлення та розпізнавання навігаційних об'єктів, зокрема суден, що не передають дані через систему AIS, маломірних і рибальських суден, контейнерів та інших потенційних перешкод. Система здійснює автоматизовану обробку даних з метою оцінювання ризику зіткнення на основі ключових навігаційних параметрів, зокрема мінімальної дистанції зближення (CPA) та часу до зближення (TCPA). Sea Pod оснащений кількома відеокамерами та високочутливими тепловізійними сенсорами, які забезпечують безперервний огляд навколишнього простору в секторі до 225° у денний час та до 100° у нічний, з можливістю виявлення цілей на відстані до чотирьох морських миль навіть за несприятливих метеорологічних умов та

обмеженої видимості [48]. Переваги, недоліки системи, особливості її впровадження, а також приклади візуалізації роботи наведено в табл.5.3.

Таблиця 5.3 – Переваги та недоліки системи Sea Pod, впровадження.

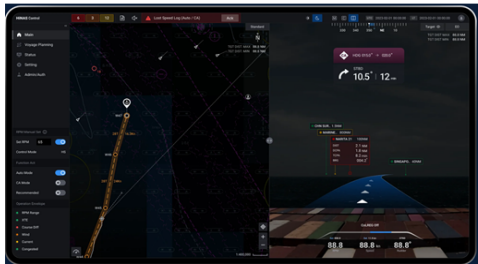
Продукт/ Виробник	Sea Pod/ Orca Ai, Ізраїль	
	Переваги Постійний безперервний моніторинг ситуації на морі. Пріоритизація загроз судну. Зменшення впливу людського фактору на прийняття рішень (з обмеженим часом). Міцність та адаптивність до навколишнього середовища. Підвищує обізнаність у водах з інтенсивним рухом суден.	Недоліки Потребує великих інвестицій на етапі установки. Часткова залежність від даних AIS. Залежність від оновлення баз даних.
Впровадження	Серед компаній, що вже використовують SeaPod, є такі лідери, як NYK, Mediterranean Shipping Co (MSC), Maran Group та SeaSpan.	
Візуалізація роботи		

2. Система HiNAS Navigation

Система HiNAS ґрунтується на використанні алгоритмів глибокого навчання та методів комп’ютерного зору для автоматизованого розпізнавання навколишніх об’єктів, зокрема суден, метеорологічних умов і хвильової обстановки, а також для надання екіпажу інформації щодо оптимальних маршрутів руху, рекомендованої швидкості та потенційних загроз зіткнення. Для підвищення наочності сприйняття навігаційної обстановки система застосовує технології доповненої реальності (Augmented Reality, AR) з метою візуалізації маршрутів і зон підвищеного ризику. Функціональні можливості HiNAS передбачають реалізацію режимів повної та часткової автономності управління

судном із можливістю автоматичного регулювання швидкості та курсу в режимі реального часу. Це дозволяє суттєво знизити залежність навігаційних процесів від людського чинника та мінімізувати ймовірність помилкових рішень, особливо в умовах обмеженої видимості або інтенсивного судноплавного руху [11]. Переваги, недоліки системи, особливості її впровадження та приклади візуалізації роботи наведено в табл. 5.4.

Таблиця 5.4 – Переваги та недоліки системи HiNAS Navigation, впровадження.

Продукт/ Виробник	HiNAS Navigation/ AVIKUS, Південна Корея	
	Переваги	Недоліки
	360-градусний моніторинг навколишніх об'єктів. Оптимізація маршруту і швидкості, що дозволяє знизити споживання палива на 5–15%. Система відповідає міжнародним стандартам безпеки.	Висока вартість. Обмеження автоматизації (остаточна відповідальність залишається на команді судна) Потреба регулярного оновлення. Залежність від зовнішніх даних.
Впровадження	HiNAS Navigation вже успішно використовується в великих судноплавних компаніях, таких як SK Shipping і Sinokor Merchant Marine.	
Візуалізація роботи		

3. Система GAMA з доповненням Lookout +.

GAMA (Greenroom Advanced Maritime Autonomy) — автономна система керування морськими суднами, розроблена для перетворення існуючих суден на автономні. Система використовує датчики, такі як AIS, радар, та інші для автономного навігаційного управління, дотримуючись правил морського судноплавства (МППЗС) та виконуючи завдання в реальному часі. GAMA дозволяє суднам працювати без екіпажу або з мінімальною кількістю персоналу, що підвищує ефективність і безпеку в складних або небезпечних зонах [22].

Lookout+ — доповнення до GAMA, яке використовує оптичний радар для виявлення об'єктів, які можуть бути непомітними для звичайних систем, таких як маленькі судна, безпілотники чи морські тварини. Lookout+ забезпечує точне визначення відстані до об'єктів і їхнє розташування, що підвищує ситуаційну обізнаність і допомагає уникати потенційних загроз [22]. Переваги системи, її недоліки, впровадження та візуалізація роботи вказано в табл. 5.5.

Таблиця 5.5 – Переваги та недоліки системи GAMA з доповненням Lookout+, впровадження.

Продукт/ Виробник	GAMA та Lookout +/ Green Room robotics, Австралія	
	Переваги	Недоліки
	Підвищення безпеки. Зниження витрат на людські ресурси. Мінімізація витрат на нове обладнання. Екологічна відповідальність.	Висока вартість впровадження. Залежність від даних і технічного обслуговування. Неповна автономія.
Впровадження	Системи GAMA та Lookout+ були успішно інтегровані у випробуваннях на автономному патрульному судні <i>Sentinel</i> у співпраці з Austal Australia та Королівським флотом Австралії.	
Візуалізація		

Впровадження новітніх цифрових технологій з підтримкою штучного інтелекту для прогнозування маршрутів і запобігання зіткнення суден беззаперечно підвищує ефективність морської навігації в напрямках забезпечення безпеки судноплавства шляхом зменшення людських помилок, економії палива завдяки оптимізації маршрутів, поліпшення ситуаційної обізнаності та можливість швидкої інтеграції з існуючими системами. Крім того, технології сприяють екологічним цілям та зменшують навантаження на екіпаж судна. Наданий перелік сучасних технологій та систем є частиною можливостей ІІІ в судноплавстві, що і є перспективою подальшого наукового пошуку.

5.5 Аналіз ризиків і підтримка рішень

Інтелектуалізація систем управління ризиками включає кілька основних напрямів. По-перше, ІІІ використовується для аналізу великих масивів історичних даних про аварії, що дозволяє виявляти приховані причинно-наслідкові зв'язки між типами інцидентів, технічним станом судна та діями екіпажу [56]. По-друге, алгоритми машинного навчання забезпечують точну класифікацію ризикових подій та автоматизоване формування індексу ризику рейсу, який враховує навігаційну обстановку, погодні умови, характеристики маршруту та технічні параметри суднових систем. На основі таких моделей можливе прогнозування небезпечних сценаріїв і формування попереджувальних сигналів для екіпажу.

Особливе значення мають нейронні мережі, що застосовуються для прогнозного аналізу складних технічних процесів на борту танкерів. Ці алгоритми дозволяють визначати аномалії у функціонуванні інертної газової системи, насосних агрегатів, клапанного обладнання або головного двигуна за 6–12 годин до ймовірної відмови [56], що значно зменшує ризик виникнення пожеж у вантажних танках або неконтрольованих витоків нафти. Баєсівські моделі, у свою чергу, забезпечують оцінку ризиків у ситуаціях із високим рівнем невизначеності, що є типовою характеристикою навігаційних операцій, особливо у вузьких акваторіях або зонах інтенсивного судноплавства [56].

Важливою сферою застосування ІІІ є також системи підтримки ухвалення рішень (Decision Support Systems, DSS). Такі системи аналізують навігаційну інформацію в реальному часі, порівнюють її з вимогами Міжнародних правил попередження зіткнень (COLREGs), прогнозують траєкторії руху суден і пропонують оптимальні маневри для уникнення небезпечних зближень. За результатами досліджень, використання DSS на основі штучного інтелекту дозволяє зменшити кількість небезпечних маневрів на 30–40 % та скоротити час реагування екіпажу на критичні зміни ситуації на 25–35 % [41, 56].

Таблиця 5.6 – Порівняльна таблиця: традиційні методи vs. системи на основі ШІ

Критерій	Традиційні методи управління ризиками	ШІ-орієнтовані системи
Джерела даних	Логбуки, звіти екіпажу, технічні огляди	Реальний час, сенсори, автоматизовані системи
Точність оцінки ризику	40–60 %	80–95 % (ML-моделі)
Врахування людського фактору	Обмежене, суб'єктивне	Алгоритми поведінкового аналізу
Прогнозування відмов	Реактивне обслуговування	Predictive maintenance (6–12 год до відмови)
Реакція у кризових ситуаціях	Людина приймає рішення	DSS пропонує оптимальні дії за COLREGs
Зниження аварійності	Повільна динаміка	–30–40 % зіткнень, –27 % виробничих інцидентів

Порівнюючи традиційні методи управління ризиками з ШІ-орієнтованими підходами (табл. 5.6), слід зазначити, що класичні системи ґрунтуються переважно на досвіді екіпажу, ручному аналізі журналів подій і періодичних технічних оглядах. Точність таких оцінок ризику зазвичай не перевищує 40–60 %, а швидкість реакції залежить від професійних навичок членів екіпажу. Натомість ШІ забезпечує оброблення інформації у реальному часі, використовуючи дані з численних сенсорів, навігаційних систем та технічних модулів судна.

Завдяки машинним моделям точність ідентифікації ризиків досягає 80–95 %, а прогнозування технічних відмов стає можливим задовго до фактичного збою обладнання. Крім того, ШІ дозволяє мінімізувати вплив людського фактора через автоматизований аналіз поведінки екіпажу, моніторинг дотримання процедур безпеки та попередження помилок під час критичних операцій [17].

Аналіз завдань управління ризиками свідчить, що ШІ інтегрується у всі етапи процесу – від прогнозування аварійних сценаріїв до формування маневрових рекомендацій та оцінювання ефективності роботи систем судна. У результаті значно підвищується загальний рівень безпеки танкерних перевезень, зменшується імовірність технічних і навігаційних аварій, а вплив людського фактору помітно знижується. Впровадження інтелектуальних технологій не лише оптимізує ухвалення рішень, але й забезпечує проактивний характер

управління ризиками, що є необхідною умовою для безпечної експлуатації сучасного танкерного флоту.

5.6 Висновки

Проведений аналіз дає підстави стверджувати, що інтеграція технологій штучного інтелекту у систему безпечної експлуатації нафтових танкерів є не просто тенденцією технічного оновлення, а стратегічною необхідністю для зниження аварійності, мінімізації екологічних ризиків та підвищення стійкості всієї індустрії морських перевезень нафти. Сукупність розглянутих рішень демонструє перехід від фрагментарної автоматизації окремих операцій до формування цілісної інтелектуалізованої екосистеми управління безпекою судна.

Підтверджено, що штучний інтелект здатен істотно зменшити вплив людського чинника, який упродовж десятиліть залишається домінуючою причиною більшості морських інцидентів. Алгоритми машинного навчання, комп'ютерного зору та прогнозової аналітики забезпечують безперервний контроль навігаційної, технічної та виробничої обстановки з точністю й швидкістю, недосяжними для традиційних методів. Це дає змогу своєчасно виявляти відхилення від нормального режиму, формувати попереджувальні сигнали та пропонувати екіпажу оптимальні варіанти дій ще до того, як ситуація набуде критичного характеру. Таким чином, роль людини поступово зміщується від «оператора, що реагує на події», до «супервайзера, який контролює роботу інтелектуальних систем».

Показано, що застосування ШІ у маршрутизації танкерів і прогнозуванні їхньої взаємодії з іншими суднами суттєво підвищує рівень навігаційної безпеки. Опрацювання великої кількості параметрів – метеорологічних, океанографічних, трафікових, техніко-експлуатаційних – дозволяє формувати адаптивні маршрути, які одночасно мінімізують ризик зіткнень, надмірних навантажень на

корпус і витрат палива. У цьому контексті ІІІ виступає не лише технічним модулем, а інструментом стратегічної оптимізації рейсів, що поєднує економічну ефективність із пріоритетом безпеки.

Широкі можливості продемонстровано у сфері підвищення безпеки екіпажу та вантажу за допомогою комп'ютерного зору. Інтелектуальні системи, здатні розпізнавати засоби індивідуального захисту, небезпечні пози та дії, падіння людини, появу витоків, порушення конфігурації шлангів і арматури, забезпечують якісно новий рівень виробничого контролю. На відміну від традиційних CCTV-систем, де ефективність обмежена можливостями спостерігача, ІІІ-орієнтовані рішення гарантують постійну, «ненасичувану» увагу до критичних зон судна. Це не тільки знижує ймовірність інцидентів, але й сприяє формуванню нової культури безпеки, у якій поведінкові патерни екіпажу системно змінюються під впливом об'єктивного візуального моніторингу.

Аналіз існуючих рішень і стартапів із використанням ІІІ (Sea Pod, HiNAS Navigation, GAMA з модулем Lookout+ тощо) засвідчує, що ринок уже перейшов стадію суто експериментальних прототипів і вступив у фазу практичної апробації та масштабування. Ці системи виконують функції цифрових асистентів на навігаційному містку, забезпечують доповнену реальність для візуалізації ризиків, підтримують частково або повністю автономні режими керування, поєднують дані від радарів, AIS, оптичних і тепловізійних сенсорів. Вони демонструють реальну здатність зменшувати кількість небезпечних зближень, покращувати ситуаційну обізнаність та підвищувати точність ухвалення рішень у складних умовах. Отже, інтелектуальні стартап-рішення виступають каталізатором технологічної трансформації галузі.

Системи аналізу ризиків і підтримки рішень на основі ІІІ забезпечують перехід від реактивних моделей управління до проактивних. Формування інтегральних індексів ризику рейсу, прогнозування технічних відмов, оцінювання ймовірностей аварійних сценаріїв, генерація маневрових рекомендацій відповідно до COLREGs створюють замкнений контур

«виявлення – оцінка – реагування – корекція». У такій моделі управління безпекою ризику не просто фіксуються, а системно знижуються завдяки ранньому попередженню та превентивним діям.

Водночас інтеграція ІІІ в систему безпечної експлуатації нафтових танкерів супроводжується низкою викликів, які потребують науково обґрунтованого вирішення. Йдеться про стандартизацію інтерфейсів і протоколів обміну даними між судновими системами, забезпечення кібербезпеки, валідацію й верифікацію алгоритмів у різних експлуатаційних умовах, запобігання ризикам надмірної автоматизації та формуванню «автоматизаційної самозаспокоєності» екіпажу. Особливої уваги потребує підготовка морських фахівців нового покоління, спроможних працювати в людино-машинних системах, інтерпретувати рекомендації ІІІ, зберігати критичне мислення та брати на себе кінцеву відповідальність за рішення.

Отже, інтеграція технологій штучного інтелекту в систему безпечної експлуатації нафтових танкерів може розглядатися як базова умова переходу від традиційної, високо ризикованої моделі функціонування до науково обґрунтованої, дано-керованої та екологічно відповідальної парадигми. ІІІ стає не лише інструментом оптимізації окремих процесів, а структурним елементом комплексної системи управління ризиками, яка охоплює навігацію, технічний стан, виробничу безпеку, екологічний захист і людський фактор. Перспективи подальших досліджень пов'язані з розробленням інтегрованих платформ, що об'єднують навігаційну аналітику, комп'ютерний зір, прогнозне технічне обслуговування та DSS-модулі в єдиному цифровому просторі управління танкером, а також з адаптацією таких рішень до нормативно-правових вимог і специфіки національних та міжнародних стандартів безпеки мореплавства.

РОЗДІЛ 6

РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ СУДНА В РЕЙС

6.1 Розрахунок кількісних та якісних показників роботи судна в рейсі

Розрахунок виконано на основі завдання та матеріалів, отриманих у попередніх розділах дипломної роботи, з використанням даних суднової технічної документації а також довідкових матеріалів профільних кафедр НУ «ОМА», преїскурантів, тарифних довідників та інших нормативно- інформаційних джерел [2]. Вихідні дані рейсу т/х «Front Cosmos» за маршрутом порт Танджунг-Пелепас порт Ульсан – наведено в табл. 6.1.

Таблиця 6.1 - Початкові дані для розрахунку рейсу

№ п/п	Найменування показників	Умовні позначення	Одиниця вимірювання	Значення
1	2	3	4	5
1	Дедвейт т/х «Front Cosmos»	D_w	тон	157528
2	Запаси на початок рейсу	G_p	тон	3350.6
3	Відстань між портами	L	Милі	2640.47
4	Кількість навантаженого вантажу:	ΣQ_m	Т	135198.1
5	Фрахтова ставка за 1т вантажу	f	\$/т	18
6	Норми навантаження вантажу	$M_{ван}$	т/ доб.	5650
7	Норми вивантаження вантажу	$M_{вив}$	т/ доб.	3482
8	Експлуатаційна швидкість	v	екс. вузли	15,0
9	Швидкість в каналах, вузостях	v	кан. вуз.	10
10	Добова витрата палива на ходу: важке	q^6_x	тон/доб	42
	На стоянці: легке	$q^6_{ст}$	тон/доб	8

Розрахуємо експлуатаційний період роботи судна:

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

де T_k - календарний період, приймаємо 365 діб;

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

3. Розраховуємо час рейсу:

- ходовий час:

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

$$t_x = 2640.47 / (15,0 \times 24) + 0.5 = 7.3 \text{ діб}$$

- стоянковий час:

$$t_{cm} = t_{cm}^n + t_{cm}^e = \left(\frac{Q_1}{M_{n1}} \right) + \left(\frac{Q_1}{M_{e1}} \right) + t_{дон} \quad (6.4)$$

$$t_{cm} = 135198.08 / (5650 \cdot 24) = 1 \text{ доба}$$

- час рейсу складе:

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

$$t_p = 7.3 + 1.0 = 8.3 \text{ діб}$$

4. Розрахуємо провізну спроможність судна:

- зроблено тонно-миль за рейс:

$$\Sigma QL = 135198.1 \times 2640.47 = 356986527 \text{ тонно-миль/рейс}$$

- зроблено тоннаже-миль за рейс:

$$\Sigma D_{\psi} L = 152412 \times 2640.47 = 42419314 \text{ тоннаже-миль/рейс}$$

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

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

$$\Sigma F_{рейс} = 135198.1 \times 18 = 2433566 \text{ $/рейс}$$

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

Постійні експлуатаційні витрати судна за добу розраховуємо за формулою:

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

- витрати на заробітну плату ($R_{зн}$) 4800 \$/добу;

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

$$R_{хар} = \mathcal{U}_{ек} \cdot n_{хар} \quad (6.8)$$

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

$$R_{хар} = 24 \times 10 = 240 \text{ $/добу};$$

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

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

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

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

$$R_{рем} = ((850000 + 65000) / 5) / 350 = 523 \text{ $/добу}$$

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

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

$$R_{ам} = (20712500 \times 0,05) / 350 = 2959 \text{ \$/добу};$$

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

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

де $H_{сн}$ - норма постачання;

$$R_{сн} = (20712500 \times 0,02) / 350 = 1184 \text{ \$/добу};$$

- витрати на технічне постачання ($R_{т.пос.}$) 520 \\$/добу;
- навігаційні витрати, \\$/добу ($R_{нав}$) 390 \\$/добу;
- портові збори ($R_{порт}$) 45200 \\$/рейс;
- витрати з агентування ($R_{аг}$) 420 \\$/добу;
- витрати на страхування ($R_{стр}$) 800 \\$/добу.

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

$$R_{екс} = 4800 + 240 + 523 + 2959 + 1184 + 390 + 450 + 45200 / 8.3 + \\ + 420 + 800 = 17212 \text{ \$/ добу}$$

7. Розраховуємо непрямі (адміністративно-управлінські)

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

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

$$R_{кос.} = 17212 \times 0,02 = 344.2 \text{ \$/добу}$$

8. Знаходимо загальні постійні експлуатаційні витрати судна за добу:

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

$$R_{заг} = 17212 + 344.2 = 17556,2 \text{ \$/добу}$$

9. Знаходимо загальні постійні експлуатаційні витрати судна за рейс:

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

$$\Sigma R_{заг.екс} = 17556,2 \times 8.3 = 145716 \text{ \$/рейс}$$

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

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

$$R^m_x = k_{см} \cdot q_x \cdot Ц_m \quad (6.15)$$

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

$$R^m_x = 1,1 \times 42 \times 478 = 22084 \text{ \$/ добу}$$

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

$$R^m_{см} = k_{см} \cdot q_{см} \cdot Ц_{л} \quad (6.16)$$

$$R^m_{см} = 1,1 \times 8 \times 585 = 5148 \text{ \$/ добу}$$

- витрати на паливо і мастильні матеріали витрати за рейс:

$$\Sigma R_{неп} = (R^m_x \cdot t_x) + (R^m_{см} \cdot t_{см}) \quad (6.17)$$

$$\Sigma R_{неп} = 22084 \times 7.3 + 5148 \times 1.0 = 166361.2 \text{ \$/рейс}$$

11. Знаходимо загальні витрати судна за рейс:

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

$$\Sigma R_{рейс} = 145716 + 166361.2 = 312077.2 \text{ \$/рейс}$$

12. Знаходимо прибуток судна за рейс:

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

$$\Sigma \Pi_{рейс} = 2433566 - 312077.2 = 2121488.8 \text{ \$/рейс}$$

Прибуток судна т/х «Front Cosmos» з порту Танджунг-Пелепас в порт Ульсан за рейс склав 2121488.8 \\$/рейс.

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

Якісні показники роботи судна в рейсі:

1. Коефіцієнт використання календарного періоду:

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

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

2. Коефіцієнт завантаження судна:

$$\alpha_z = \frac{\Sigma Q}{\Sigma D_q}, \quad (6.21)$$

$$\alpha_z = 135198.1 / 152412 = 0.887$$

3. Середньодобова експлуатаційна швидкість:

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

$$V_{cp} = 2640.47 / 15 = 176$$

4. Коефіцієнт ходового часу:

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

$$\varepsilon_x = 15 / 7.3 = 2.054$$

5. Продуктивність однієї тони вантажопідйомності судна в добу експлуатації:

$$\mu_\varepsilon = \alpha_3 \cdot V_{cp} \cdot \varepsilon_x, \quad (6.24)$$

$$\mu_\varepsilon = 0.887 \times 176 \times 2.054 = 320.7$$

6. Валова прибутковість одних судно-днів:

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

$$\mu = 212148.8 / 7.3 = 29061.5 \text{ \$/доба}$$

7. Собівартість перевезення однієї тони вантажу в рейсі:

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

$$S_m = 312077.2 / 135198.1 = 2.3 \text{ \$/т}$$

8. Собівартість 1 тонно-милі в рейсі:

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

$$S_{m-м} = 312077.2 / 356986527 = 0.0008742 \text{ \$/т-м}$$

9. Собівартість утримання судна в добу експлуатації:

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

$$S_{c-c} = 312077.2 / 7.3 = 42750 \text{ \$ / доб.екс}$$

10. Рівень дохідності являє відношення доходів до витрат:

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

$$PF = 2433566 / 312077.2 = 7.79$$

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

6.4 Прогнозування роботи судна, оцінка ефективності рейсу

Якісні показники роботи судна за експлуатаційний період розраховуємо з урахуванням розрахованого експлуатаційного період роботи судна за формулою (6.2) за методикою [55]:

1. Число рейсів за експлуатаційний період:

$$Ч_p = T_{екс} / t_p \quad (6.30)$$

$$Ч_p = 350 / 7.3 = 47.9$$

2. Обсяг перевезеного вантажу за експлуатаційний період:

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

$$\Sigma Q_{екс} = 135198.1 \times 47.9 = 6475989 \text{ т / рік}$$

3. Обсяг транспортної роботи за експлуатаційний:

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

$$\Sigma Ql_{екс} = 356986527 \times 47.9 = 1709965443.3 \text{ т-миль / рік}$$

4. Дохід за експлуатаційний період:

$$\Sigma F_{екс} = \Sigma F_{рейс.} \cdot \mathcal{U}_p \quad (6.33)$$

$$\Sigma F_{екс} = 2433566 \times 47.9 = 116567811.4 \text{ \$ / рік}$$

5. Загальні витрати судна за експлуатаційний період:

$$\Sigma R_{екс} = R_{рейс.} \cdot \mathcal{U}_p \quad (6.34)$$

$$\Sigma R_{екс} = 312077.2 \times 47.9 = 14948497.9 \text{ \$ / рік}$$

6. Прибуток судна за експлуатаційний період:

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

$$\Sigma \Pi = 2121488.8 \times 47.9 = 10161931.4 \text{ \$ / рік}$$

7. Рівень дохідності роботи судна за експлуатаційний період:

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

$$PF = 2121488.8 / 312077.2 = 6.79$$

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

Таблиця 6.2 - Кількісні і якісні показники виконаного рейсу

№ п/п	Найменування показників	Умовні позначення	Одиниця вимірювання	Значення
1	2	3	4	5
1	Валовий дохід	F	\$	2121488.8
2	Затрати загальні	R	\$	312077.2
3	Прибуток	Π	\$	2121488.8
4	Коефіцієнт ходового часу	ε_x		2.054

Продовження табл. 6.2

1	2	3	4	5
5	Середньодобова експлуатаційна швидкість	V_{cp}	милі/доб	1765
6	Дохідність судна	μ	\$/ доб	29061.5
7	Рівень дохідності	PF		7.79
8	Собівартість перевезення 1 т вантажу	S_T	\$/т	2.3
9	Собівартість 1 т-мілі	S_{T-M}	\$/т-м	0.0008742
10	Собівартість утримання судна за добу експлуатації	S_{C-C}	\$/доб.	42750

В результаті проведених розрахунків, наведених у таблиці 6.2. слід зазначити, що виконаний рейс є прибутковим. Рівень дохідності 7.79, прибуток 2121488.8\$ за рейс, а за експлуатаційний період прибуток складе 10161931.4\$. Судно «Front Cosmos» доцільно використовувати на даній лінії.

РОЗДІЛ 7

ОХОРОННІ ЗАХОДИ І ЦИВІЛЬНА ОБОРОНА НА СУДНІ

7.1 Прогнозування наслідків надзвичайної ситуації на об'єкті морського транспорту

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

Судно-контейнеровоз «NYK Orpheus» стоїть біля причалу № 12 порту Кобе (Японія). Отримано повідомлення про вибух на території спеціалізованого перевантажувального комплексу для контейнерів, в результаті якої сталося пошкодження запірної арматури багатoeлементного газового контейнера (корпуси) та розлив зрідженого сірководню. Кількість розливу сірководню, що є сильнодіючою отруйною речовиною (СДОР), 5 т. Характер розливу СДОР - «вільно». На території порту оголошена терористична загроза.

Метеорологічні умови на момент аварії: час доби - день, 9.00, температура повітря 10С, швидкість вітру 2 м / с, вітер - зустрічний, суцільна хмарність. Відстань від судна до місця аварії - 0,5 км. Характер місцевості - територія порту.

Виконати оперативний прогноз хімічного стану на час через 1:00 після аварії. Запропонувати заходи щодо зменшення можливих втрат серед екіпажу судна.

Визначити стандартні робочі процедури при отриманні попередження про загрозу мінування судна.

7.2 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 «Охоронні заходи і цивільна оборона на судні» дипломних робіт).

7.2.1 Визначення ступеня вертикальної стійкості повітря

За заданими метеорологічними умовами (час доби – день ,09:00 , швидкість вітру 2 м/с, суцільна хмарність) за допомогою табл.7.1 визначаємо: на момент виникнення надзвичайної ситуації ступінь вертикальної стійкості повітря 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

7.2.2 Розрахунок еквівалентної кількості СДОР у первинній хмарі

Кількісні характеристики викиду СДОР для розрахунку масштабів зараження визначаються за його еквівалентними значеннями. Еквівалентна кількість $Q_{\text{э1}}$ (т) речовини у первинній хмарі дорівнює: $Q_{\text{э1}} = 0,01$ т.

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

Площа розливу S_p (м²) сірководню дорівнює:

$$S_p = \frac{V_p}{h} = \frac{Q_0 / \rho}{h} = \frac{5 / 1,263}{0,05} = 79,2 \text{ м}^2, \quad (7.1)$$

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

$Q_0 = 12$ т – кількість сірковуглецю, що розлився при аварії;

$\rho = 1,263$ т/м³ – щільність сірковуглецю (табл. 7.2);

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

Таблиця 7.2 - Характеристики СДОР і значення допоміжних коефіцієнтів

Найменування СДОР	Щільність СДОР, т/ м ³		Температура кипіння, °С	Порогова токсодоза, мг·хв/л	Значення допоміжних коефіцієнтів							
	Газ	Рідина			К1	К2	К3	К7 для температури повітря (°С)				
								- 40	- 20	0	20	40
Сірководень	0,0015	0,964	- 60,35	16,1	0,27	0,042	0,036	0,3	0,5	0,8	1	1,2

Примітка. У таблиці наведені значення K_7 для вторинної хмари, тобто $K_7 = K_{7. II}$

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

Розраховуємо тривалість вражаючої дії T (год.) сірковуглецю:

$$T = \frac{h \cdot \rho}{K_2 \cdot K_4 \cdot K_7^{\text{II}}} + \frac{1}{K_m \cdot v_{\text{п}}} = \frac{0,05 \cdot 1,263}{0,042 \cdot 1,33 \cdot 0,9} + \frac{1}{0,2 \cdot 12} = 1,67 \text{ год}$$

де: $K_2 = 0,042$ – коефіцієнт, що залежить від фізико-хімічних властивостей сірковуглецю (табл. 7.2);

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

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

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

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

Таблиця 7.3 – Значення коефіцієнту K_4 залежно від швидкості вітру

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

Таблиця 7.4 – Значення коефіцієнту K_m залежно від впливу характеру місцевості

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

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

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

Розрахуємо еквівалентну кількість сірковуглецю Q_{32} (т) у вторинній хмарі:

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

$$(1-0,27) \cdot 0,042 \cdot 0,036 \cdot 1,33 \cdot 0,23 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot \frac{5}{0,05 \cdot 1,263}$$

$$Q_{32} = 0,024 \text{ т}$$

де: $K_1 = 0,27$ – коефіцієнт, що залежить від умов зберігання СДОР (табл. 7.2);

$K_3 = 0,013$ – коефіцієнт, що дорівнює відношенню порогової токсодози хлору до порогової токсодози сірковуглецю (табл. 7.2);

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

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

7.2.4 Визначення глибини і площі зони зараження

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

Первинна хмара дорівнює $Q_{31} = 0,01$ т та швидкості вітру $u = 2$ м/с глибина зони зараження буде дорівнювати: $\Gamma_1 = 0,26$ км.

Для $Q_{32} = 0,024$ т та швидкості вітру $u = 2$ м/с визначаємо глибину зони зараження вторинною хмарию сірковуглецю: $\Gamma_2 = 0,34$ км.

Таблиця 7.6 - Глибина (км) зони зараження

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

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

$$\Gamma_{\Sigma} = \Gamma' + 0,5 \cdot \Gamma'' = 0,34 + 0,5 \cdot 0,26 = 0,47 \text{ км},$$

де: Γ' - найбільший,

Γ'' - найменший з розмірів Γ_1 и Γ_2 .

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

$$\Gamma_{\Pi} = N \cdot v_{\Pi} = 1 \cdot 12 = 12 \text{ км}.$$

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

$$\Gamma = \min \left\{ \begin{matrix} \Gamma_{\Sigma} \\ \Gamma_{\Pi} \end{matrix} \right\} = 0,26 \text{ км}.$$

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

$$S_{\text{в}} = \pi \cdot \Gamma^2 \cdot \varphi / 360^0 = 3,14 \cdot 0,47^2 \cdot 90^0 / 360^0 = 0,17 \text{ км}^2,$$

де: $\Gamma = 0,47$ км – розрахункова глибина зони зараження; $\varphi = 90^0$ - кутовий розмір зони зараження (табл. 7.7).

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

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

Визначаємо площу зони фактичного зараження S_f (км²):

$$S_f = K_8 \cdot \Gamma^2 \cdot N^{0,2} = 0,133 \cdot 0,47^2 \cdot 1^{0,2} = 0,02 \text{ км}^2,$$

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

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

Територія можливого хімічного зараження представляє собою сектор, що має кутовий розмір $\varphi = 90^\circ$ (табл. 7.7) і радіус, який дорівнює значенню розрахунковій глибині зони зараження $\Gamma = 0,47$ км. Центр сектора співпадає з джерелом зараження – місцем розливу сірковуглецю. Бісектриса сектора співпадає з віссю сліду хмари та орієнтована по напрямку вітру.

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

Розраховуємо глибину зони смертельних уражень Γ_l (км):

$$\Gamma_l = \lambda \cdot K_M \cdot \left(\frac{Q_3}{\Delta t}\right)^\Psi = 2,31 \cdot 0,2 \cdot \left(\frac{0,034}{16,1}\right)^{0,580} = 0,01 \text{ км},$$

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

$Q_3 = Q_{31} + Q_{32} = 0,01 + 0,024 = 0,034\text{т}$ – загальна еквівалентна кількість СДОР, що перейшла в первинну і вторинну хмару;

$D_l = 16,1 \text{ мг.хв/л}$ – летальна токсодоза для сірководню.

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

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

Розраховуємо глибину зони важких уражень $\Gamma_{0,4l}$ (км):

$$\Gamma_{0,4l} = \lambda \cdot K_M \cdot \left(\frac{Q_3}{D_{0,4l}} \right)^\Psi = 2,31 \cdot 0,2 \cdot \left(\frac{0,034}{6,44} \right)^{0,580} = 0,02 \text{ км},$$

де: $D_{0,4l} = 0,4 \cdot D_l = 0,4 \cdot 16,1 = 6,44 \text{ мг.хв/л}$ – значення токсодози, що відповідає 40% летальної токсодози для сірководню.

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

$$\Gamma_{0,2l} = \lambda \cdot K_M \cdot \left(\frac{Q_3}{D_{0,2l}} \right)^\Psi = 2,31 \cdot 0,2 \cdot \left(\frac{0,034}{3,22} \right)^{0,580} = 0,03 \text{ км},$$

де: $D_{0,2l} = 0,2 \cdot D_l = 0,2 \cdot 16,1 = 3,22 \text{ мг.хв/л}$ – значення токсодози, що відповідає 20% летальної токсодози для сірководню.

Глибина зони легких уражень відповідає значенню розрахунковій глибині зони зараження $\Gamma = 0,26 \text{ км}$.

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

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

$$t = \frac{x}{K_m \cdot v_{\text{п}}} = \frac{0,5}{0,2 \cdot 12} = 0,208 \text{ год.} \approx 12,5 \text{ хв.,}$$

де: $x = 0,5$ км – відстань від джерела зараження до заданого об'єкту.

7.3 Висновки і рекомендовані заходи для зменшення людських втрат

Проведена оцінка масштабів хімічного зараження території в результаті аварійного розливу сірковуглецю на контейнеровозі «NYK Orpheus», що знаходився біля причалу номер 12 порту Кобе (Японія) показала, що хмара зараженого повітря досягне межі житлової надбудови судна, де укритися екіпаж, через 12,5 хв. В результаті утворення зони хімічного зараженого приміщення надбудови судна, де знаходиться екіпаж судна, потрапляють в зону важких уражень, що у свою чергу є серйозною загрозою для життя моряків. Це значною мірою ускладнює можливість проведення ефективних заходів по ліквідації наслідків розливу сірковуглецю.

При досить швидкому підході зараженого повітря до житлової надбудови дія вражаючих концентрацій хмари може тривати майже 2 години. Сила вітру в 2 м/с забезпечує збереження вражаючих концентрацій на глибині до 0,34 км.

Для зменшення людських втрат пропонується виконати наступні заходи:

- якнайскоріше прибрати усіх людей з палуби всередину надбудови судна;
- по можливості максимально герметизувати усі приміщення в надбудові судна, в яких укритися екіпаж;

- використати наявні на судні дихальні апарати, при цьому забезпечити контроль часу знаходження людей в апаратах (захисна дія дихальних апаратів обмежена часом у 30 хв.);
- по можливості розгорнути судно за вітром, щоб хмара зараженого повітря рухалася в бік від надбудови судна;
- встановити контроль концентрації СДОР на відкритому повітрі і в повітрі приміщень судна;
- підготувати екіпаж до можливої евакуації.

7.4 Визначити стандартні робочі процедури при отриманні попередження про загрозу мінування судна

Судно вразливе щодо розміщення на ньому вибухових і запалювальних речовин. Судновий персонал повинен бути готовий до дій в подібних випадках. Необхідно отримати і зафіксувати в судновому журналі якомога більше інформації по існуючій загрозі. Якщо повідомлення про загрозу мінування або підриву судна отримано, судновий офіцер повинен з'ясувати достовірність, шляхом звернення до інформатора, довести до відповідних властей в порту і потім приймати рішення про необхідні дії - відповідно до плану охорони судна. Екіпаж судна повинен бути підготовлений до протидії будь-якій загрозі, тобто знати процедури огляду судна, дій при виявленні вибухового пристрою, при евакуації і т.д.

Якщо надійшло повідомлення про загрозу мінування судна, людина яка прийняла повідомлення, має зазначити час і спробувати отримати якомога більше інформації від інформатора. Виходячи з наявної інформації, розробляється план з пошуку вибухових речовин. Зазвичай такими заходами керує офіцер з охорони судна. До пошуку повинні залучатися найбільш підготовлені, досвідчені та відповідальні члени екіпажу, яким відводяться певні ділянки для пошукових дій. Вони повинні бути добре знайомі з видами

вибухових речовин, вміти розпізнавати підозрілі предмети і діяти відповідно, при їх виявленні.

У всіх випадках огляду судна зазвичай складається план організації по таким заходам (Searching Plan), що є обов'язком Ship Security Officer (SSO). При огляді окремих приміщень використовуються судові інструкції, підготовлені в рамках пошукового плану.

Капітан і SSO - відповідальні за розробку процедури по огляду судна і пошуку підозрілих предметів. Відповідні навчання слід проводити, щоб зробити план ефективним, прийнятним і зрозумілим для всіх на борту. Пошук повинен проводитися відповідно зі специфічним планом і ретельно контролюватися, щоб забезпечити повний огляд судна. План повинен покривати всі можливі місця розташування вибухових та інших небезпечних пристроїв. План пошуку має бути орієнтований на швидкий за часом і всесторонній огляд усіх приміщень судна, де можуть перебувати небезпечні предмети.

При виявленні підозрілого предмету, який може містити вибуховий пристрій, потрібно негайно про це повідомити SSO, далі потрібно:

- Дотримуючись обережності, візуальним оглядом переконатися, що предмет є вибухонебезпечним;
- Очистити зону, де знаходиться предмет від людей, включаючи приміщення над і під підозрілим предметом;
- Встановити огорожу, щоб ніхто не мав доступу до місця, де знаходиться підозрілий об'єкт, уникаючи при цьому паніки;
- До прибуття кваліфікованих фахівців контролювати ситуацію, відповідно інформувати відповідні влади.

Ліквідація вибухової речовини є обов'язком фахівців, є неприпустимим знешкодження силами екіпажу. Необхідно дотримуватися таких заходів:

- Не наближатися до пристрою;
- Не брати, чи не трясти, не торкатися, не відкривати, чи не перевертати об'єкт;

- Не зволікати, не обрізати, не торкатися проводів, запобіжників або кріплень;

- Не використовувати УКВ радіостанції в радіусі 3 м навколо;

- Не лити воду;

- НЕ проносити металеві предмети поблизу пристрою;

- Не палити поблизу вибухового пристрою;

Якщо пристрій виявлено на судні, що стоїть в порту, капітан повинен вирішити на якій стадії слід евакуювати судно, залишивши на борту тільки необхідний персонал. Зона евакуації на берег повинна бути знайдена і очищена перед початком руху пасажирів та екіпажу.

Якщо предмет виявлений, коли судно знаходиться в морі, рішення капітана має ґрунтуватися на розмірах і місці його розташування, часу і позиції судна, необхідному для отримання допомоги від спецслужб. Наступні заходи варто вжити:

- Необхідність евакуації зони вище і нижче місця розташування вибухового пристрою;

- Інформування компанії і відповідних властей;

- Відкриття дверей і бортових портів, щоб мінімізувати початкові пошкодження;

- Необхідність спорудження запобіжної системи (з матраців або мішків з піском) навколо пристрою, щоб пом'якшити удар;

- Дотримання інструкцій берегових властей і компанії;

- Встановити найближчий безпечний порт і змінити курс;

- Проінструктувати всіх на борту про необхідність триматися подалі від дверей, люків та інших отворів, що ведуть з приміщення, де знаходиться вибуховий пристрій, щоб уникнути можливого ураження при вибуху.

Цей перелік не є вичерпним, всі дії повинні вестися з урахуванням гарної морської практики і безпеки.

ВИСНОВКИ

У магістерській роботі всебічно розкрито проблематику інтеграції технологій штучного інтелекту в систему безпечної експлуатації нафтових танкерів та досягнуто поставленої у вступі мети. Проведене дослідження підтвердило, що сучасний рівень аварійності танкерного флоту, високий вплив людського фактора, складність навігаційних умов та значні екологічні наслідки аварій зумовлюють об'єктивну необхідність впровадження інтелектуальних цифрових рішень у систему управління безпекою.

За результатами аналізу стану проблеми встановлено, що понад три чверті аварій на танкерах виникають внаслідок помилок екіпажу, технічних відмов та недосконалості традиційних систем контролю. Доведено, що існуючі методи навігації, інспекції корпусу та управління ризиками не забезпечують достатнього рівня проактивної безпеки, особливо для великотоннажних танкерів із високою інерційністю руху та обмеженими маневровими можливостями.

У сфері оптимізації маршрутизації танкерів обґрунтовано ефективність застосування алгоритмів штучного інтелекту для комплексного аналізу гідрометеорологічних умов, AIS-даних, суднового трафіку та економічних показників рейсу. Встановлено, що використання ШІ дозволяє скорочувати тривалість рейсу, зменшувати витрати палива, знижувати навантаження на корпус у штормових умовах та зменшувати ризик небезпечних зближень і зіткнень на 30–40 %. Це підтверджує досягнення одного із ключових завдань роботи – підвищення навігаційної безпеки танкерів.

У напрямі застосування систем комп'ютерного зору доведено їх високу практичну ефективність для підвищення безпеки екіпажу та вантажу. Встановлено, що CV-системи забезпечують автоматизований контроль дотримання вимог безпеки (PPE-контроль), виявлення падінь і травмонебезпечних ситуацій, моніторинг вантажних операцій та дистанційний огляд корпусу. Показано, що використання комп'ютерного зору дозволяє прискорювати процес інспекції у 4–6 разів та зменшувати кількість небезпечних

поведінкових патернів екіпажу до 90 %, що є суттєвим внеском у зниження виробничого травматизму та аварійності.

У сфері аналізу ризиків і підтримки ухвалення рішень встановлено, що ІІІ-орієнтовані системи забезпечують якісно новий рівень управління безпекою завдяки аналізу великих масивів даних у реальному часі, ранньому прогнозуванню технічних відмов (за 6–12 годин до збою) та формуванню інтелектуальних рекомендацій для екіпажу відповідно до вимог COLREGs. Точність ідентифікації ризиків у таких системах досягає 80–95 %, що суттєво перевищує можливості традиційних методів управління ризиками.

За результатами узагальнення отриманих даних сформовано концептуальну модель інтеграції штучного інтелекту в систему безпечної експлуатації нафтових танкерів, яка охоплює навігаційну аналітику, системи комп'ютерного зору, прогнозне технічне обслуговування та інтелектуальні системи підтримки рішень як єдиний взаємопов'язаний комплекс. Запропонована модель забезпечує перехід від реактивного реагування на аварії до проактивного управління безпекою.

Отже, поставлену у магістерській роботі мету досягнуто, усі сформульовані завдання виконано, а отримані результати мають наукову новизну, практичну значущість і можуть бути використані для подальшого розвитку систем безпечної експлуатації нафтових танкерів на основі технологій штучного інтелекту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Злобіна А. О. Використання штучного інтелекту (ШІ) для прогнозування маршруту та запобігання зіткненню суден // *Судноводіння, морські перевезення та технології* : матеріали Всеукр. наук.-практ. конф. Одеса : НУ «ОМА», 2024. С. 7.
2. Методичні вказівки для виконання магістерської роботи / уклад. І. І. Ворохобін та ін. Одеса : НУ «ОМА», 2023. 96 с.
3. Admiralty List of Radio Signals. Vol. 3: Maritime Safety Information Services. Taunton: UK Hydrographic Office.
4. Admiralty List of Radio Signals. Vol. 5: Global Maritime Distress and Safety System (GMDSS). Taunton: UK Hydrographic Office.
5. Admiralty List of Radio Signals. Vol. 6: Pilots, VTS, Ports. Taunton: UK Hydrographic Office.
6. Admiralty Mariners' Handbook (NP100). Taunton: UK Hydrographic Office.
7. Admiralty Sailing Directions NP43. Japan and Korea Pilot. Vol. I. Taunton: UK Hydrographic Office.
8. Admiralty Sailing Directions NP44. Malacca Strait and West Coast of Sumatra Pilot. Taunton: UK Hydrographic Office.
9. AI-Driven Safety – Revolutionizing Offshore Marine Operations. Radiant Digital, 2024.
10. Anchorage Regulations. Johor Port Authority. Johor.
11. Avikus: офіційний сайт. URL: <https://avikus.ai/> (дата звернення: 26.10.2025).
12. Bridge Procedures Guide. 5th ed. London: The Nautical Institute, 2016. 310 p.
13. Code of Safe Working Practices for Merchant Seafarers. London: UK Maritime and Coastguard Agency, 2022.
14. Convention on the International Regulations for Preventing Collisions at Sea (COLREGs), 1972. London: IMO Publishing.

15. ECDIS Procedures Guide. 4th ed. Livingston: Witherby Publishing Group, 2019. 280 p.
16. European Maritime Traffic Monitoring and Information System Report 2023. Lisbon: EMSA, 2023.
17. Fernández M., Holm A. Computer vision applications for human-factor risk reduction on oil tankers // *Safety Science*. 2025.
18. Final Trim and Stability Booklet of M/T *Front Cosmos*. Ship's documentation.
19. Gaber T., Chetehouna K. Optical sensor system using computer vision for level measurement in oil tankers. 2020.
20. Global Marine Risk Report 2022–2023. London: OCIMF, 2023.
21. Global Wave Model (WaveWatch III) – Operational Guidelines. Washington: NOAA, 2022.
22. Greenroom Robotics: офіційний сайт. URL: <https://greenroomrobotics.com/products/gama> (дата звернення: 26.10.2025).
23. Guide to Port Entry. 2013/2014 ed. Reigate: Shipping Guides Ltd., 2013. 2 vols. 3800 p.
24. Guide to Port Entry. 2024 ed. Ulsan Section. Reigate: Shipping Guides Ltd., 2024.
25. How Visual Monitoring Revolutionizes Maritime Shipping. Sinay, 2025.
26. Human Element Vision, Principles and Goals. London: International Maritime Organization, 2020.
27. IALA Maritime Buoyage System. Region A. Saint-Germain-en-Laye: IALA.
28. IHO S-57 and S-63 Standards for Electronic Navigational Charts. Monte Carlo : International Hydrographic Organization.
29. IMO Resolution A.267(85). London: IMO Publishing.
30. IMO Resolution A.893(21). Guidelines for Voyage Planning. London: International Maritime Organization, 1999.
31. IMO Resolution MSC.315(88). STRAITREP. London: IMO Publishing.

32. International Code on Intact Stability. London: IMO Publishing.
33. International Convention for the Prevention of Pollution from Ships (MARPOL 73/78). Annex VI – Prevention of Air Pollution from Ships. London: IMO Publishing.
34. International Convention for the Safety of Life at Sea (SOLAS), 1974. Chapter V – Safety of Navigation. London: IMO Publishing, 1974.
35. International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers (STCW), 1978, as amended. Section VIII. London: IMO Publishing.
36. International Load Line Convention, 1966, as amended 2005. London: IMO Publishing.
37. International Maritime Dangerous Goods (IMDG) Code. London: IMO Publishing.
38. International Safety Guide for Oil Tankers and Terminals (ISGOTT). 6th ed. London: OCIMF, 2020.
39. International Safety Management (ISM) Code. London: IMO Publishing, 2018.
40. IOPC Funds. Annual Report 2023. London: IOPC Funds, 2023.
41. Karlsson O. Artificial Intelligence in Maritime Decision Support Systems // *Journal of Navigation*. 2024.
42. Korean Hydrographic and Oceanographic Agency. Ulsan Harbour Data. Seoul.
43. Lee K., Matsumoto S., Hara T. AI-based maritime routing optimization under severe weather conditions // *Journal of Marine Science and Technology*. 2022.
44. Li D., Xu P. Environmental impact of major hydrocarbon spills: long-term effects and ecosystem recovery // *Marine Pollution Bulletin*. 2022.
45. Maritime Accident Review 2023. Lisbon: European Maritime Safety Agency (EMSA), 2023.
46. Nautical Chart MAL 5123. Malaysian Hydrographic Department. Kuala Lumpur.

47. Oil Tanker Spill Statistics 2010–2023. London: International Tanker Owners Pollution Federation (ITOPF), 2024.
48. Orca AI: офіційний сайт. URL: <https://www.orca-ai.io/> (дата звернення: 25.10.2025).
49. Pilotage Regulations. Port of Tanjung Pelepas. Tanjung Pelepas: PTP Authority.
50. Port of Tanjung Pelepas. Official Port Handbook. Tanjung Pelepas: PTP Authority, 2023.
51. PTP Vessel Clearance Procedures. Tanjung Pelepas: PTP Authority, 2023.
52. Review of Maritime Transport 2023. Geneva: UNCTAD; United Nations, 2023. 182 p.
53. Sailing Directions (Pilots). Taunton: UK Hydrographic Office.
54. Shipping Intelligence Weekly. London: Clarksons Research, 2023.
55. SOLAS. Chapter V. Regulation 34 – Safe Navigation and Avoidance of Dangerous Situations. London: IMO Publishing.
56. Sun W., Zhao K., Chen L. AI-driven predictive maintenance for marine propulsion and cargo systems // *Marine Technology Journal*. 2023.
57. The Nautical Almanac. London: HM Nautical Almanac Office.
58. The Role of Artificial Intelligence in the Oil Shipping Industry. VesselBlenders, 2024.
59. Tug Fleet Technical Sheet. PTP Marine Services. Tanjung Pelepas.
60. Zhang Y., Li H., Xu J. Machine-learning-based collision risk prediction for tanker vessels // *Ocean Engineering*. 2023.

ДОДАТКИ

Додаток А

МАРШРУТНИЙ ЛИСТ НА ПЕРЕХОДІ

Waypoint					Leg														Remarks		
Name	Position	Arrival	Overall Distance		Turn Radius	Brg	Type	Dist (nm)	Speed (kn)	Duration (h:mm)	XTD			UKC (m)	Safety Contour (m)	Safety Depth (m)	Position Fixing		Watch Level	E/R Manned	Security
			Travelled (nm)	Remaining (nm)							Port (m)	Sbd (m)	Every (min)				Method				
STS AREA	01° 17' 29" N 103° 24' 54" E	08/05/2025 06:34	0.00	2,640.47	0.01	217.8°	R	1.45	8.0	00:07	185.00	185.00	20.00	B	8.63°	16.00	0	Visual [] Radar [X] GPS [X] Other []	[]	Level 1	
	CROSSING	01° 16' 21" N 103° 24' 00" E	08/05/2025 06:58	1.45	2,639.02						0.05										
TSS	01° 16' 21" N 103° 24' 00" E	08/05/2025 06:58	1.45	2,639.02	0.05	210.5°	R	3.16	10.0	00:24	185.00	185.00	30.00	B	18.16	16.00	0	Visual [] Radar [X] GPS [X] Other []	[]	Level 1	
JOIN EAST	01° 13' 37" N 103° 22' 24" E	08/05/2025 07:24	4.62	2,635.86	0.11	124.9°	R	4.46	12.0	00:27	185.00	185.00	20.00	B	8.03°	16.00	0	Visual [] Radar [X] GPS [X] Other []	[]	Level 1	
BOUND TRAFFIC	01° 11' 04" N 103° 26' 03" E	08/05/2025 08:38	9.07	2,631.40	0.11	123.6°	R	14.70	12.0	01:14	185.00	185.00	21.50	A1	10.22°	16.00	0	Visual [] Radar [X] GPS [X] Other []	[]	Level 1	
BROTHER: PT	01° 02' 57" N 103° 38' 18" E	08/05/2025 09:03	23.78	2,616.70	0.11	063.9°	R	4.98	15.0	00:25	185.00	185.00	21.50	A1	9.62°	16.00	0	Visual [] Radar [X] GPS [X] Other []	[]	Level 1	
TAKONG LT	01° 05' 08" N 103° 42' 46" E	08/05/2025 09:25	28.76	2,611.72	0.11	044.4°	R	5.57	15.0	00:22	185.00	185.00	21.50	A2	8.91°	16.00	0	Visual [] Radar [X] GPS [X] Other []	[]	Level 1	
OFF RAFLISS LT	01° 09' 07" N 103° 46' 40" E	08/05/2025 09:31	34.33	2,606.15	0.11	053.7°	R	1.54	15.0	00:06	185.00	185.00	11.00	B	-1.39°	16.00	0	Visual [] Radar [X] GPS [X] Other []	[]	Level 1	
BUFALLO ROCK	01° 10' 02" N 103° 47' 54" E	08/05/2025 09:51	35.86	2,604.61	0.11	066.7°	R	5.04	15.0	00:20	185.00	185.00	42.00	U	26.74	16.00	0	Visual [] Radar [X] GPS [X] Other []	[]	Level 1	
BATU BERNATI	01° 12' 01" N 103° 52' 32" E	08/05/2025 10:08	40.90	2,599.58	0.11	068.7°	R	4.09	15.0	00:16	185.00	185.00	30.00	U	15.34	16.00	0	Visual [] Radar [X] GPS [X] Other []	[]	Level 1	
SGP EAST	01° 13' 30" N 103° 56' 20" E	08/05/2025 10:19	44.99	2,595.48	0.27	079.0°	R	2.80	15.0	00:11	185.00	185.00	41.00	U	25.79	16.00	0	Visual [] Radar [X] GPS [X] Other []	[]	Level 1	
SGP PILOTS AREA	01° 14' 02" N 103° 59' 05" E	08/05/2025 11:41	47.79	2,592.68	0.27	082.6°	R	20.61	15.0	01:22	370.00	370.00	45.00	A2	31.94	16.00	0	Visual [] Radar [X] GPS [X] Other []	[]	Level 1	
APPR HORSBURGI	01° 16' 42" N 104° 19' 31" E	08/05/2025 12:25	68.40	2,572.07	0.27	048.9°	R	10.98	15.0	00:44	740.00	740.00	23.00	A2	10.38	16.00	0	Visual [] Radar [X] GPS [X] Other []	[]	Level 1	
SGP TSS OUT	01° 23' 55" N 104° 27' 46" E	08/05/2025 13:21	79.38	2,561.10	0.27	050.2°	R	13.79	15.0	00:55	926.00	926.00	43.00	A1	30.91	16.00	0	Visual [] Radar [X] GPS [X] Other []	[]	Level 1	
SINGAPOR STRAIT OUT	01° 32' 45" N 104° 38' 22" E	08/05/2025 14:11	93.17	2,547.30	0.27	049.4°	R	12.70	15.0	00:51	926.00	926.00	30.00	B	17.24	16.00	0	Visual [] Radar [X] GPS [X] Other []	[]	Level 1	
OPL AREA	01° 41' 00" N 104° 48' 00" E	08/05/2025 16:13	105.87	2,534.61	0.27	022.7°	R	30.52	15.0	02:02	3,704.00	3,704.00	30.00	B	17.24	16.00	0	Visual [] Radar [X] GPS [X] Other []	[]	Level 1	
	02° 09' 09" N 104° 59' 46" E	08/05/2025 19:57	136.38	2,504.09	0.54	015.1°	R	55.88	15.0	03:44	3,704.00	3,704.00	37.00	C	21.99	16.00	0	Visual [] Radar [X] GPS [X] Other []	[]	Level 1	
	03° 03' 03" N 105° 14' 21" E	08/06/2025 02:02	192.26	2,448.21	0.54	036.2°	R	91.25	15.0	06:05	3,704.00	3,704.00	50.00	C	34.34	16.00	0	Visual [] Radar [X] GPS [X] Other []	[]	Level 1	
	04° 16' 39" N 106° 08' 17" E	08/06/2025 04:24	283.51	2,356.96	0.54	042.4°	R	35.65	15.0	02:23	3,704.00	3,704.00	50.00	C	34.34	16.00	0	Visual [] Radar [X] GPS [X] Other []	[]	Level 1	
	04° 42' 58" N 106° 32' 23" E	08/07/2025 02:20	319.16	2,321.32	0.54	056.5°	R	328.85	15.0	21:55	3,704.00	3,704.00	-	-	-	16.00	0	Visual [] Radar [X] GPS [X] Other []	[]	Level 1	
	07° 44' 31" N 111° 07' 57" E	08/07/2025 08:30	648.00	1,992.47	0.54	005.5°	R	92.48	15.0	06:10	3,704.00	3,704.00	-	-	-	16.00	0	Visual [] Radar [X] GPS [X] Other []	[]	Level 1	

Waypoint										Leg																			
Name	Position	Arrival	Overall Distance		Turn Radius [nm]	Brg	Type	Dist [nm]	Speed [kn]	Duration [hh:mm]	XTD		Min Depth [m]	CATZOC	UNC [m]	Safety Contour [m]	Safety Depth [m]	Position Fixing		Watch Level	ER Manned	Security	Remarks						
			Travelled [nm]	Remaining [nm]							Port [m]	Stbd [m]						Every [min]	Method										
ULSAN PS	09° 16' 31" N	08/07/2025	740.49	1,899.99	0.54	] 032.7°	R	131.63	15.0	08:47	3,704.00	3,704.00	200.00	B	183.84	16.00	16.00	Visual [] Radar [X]	GPS [X] Other []	[]	Level 1		Level 1						
	111° 16' 57" E	17:16														0													
	11° 07' 16" N	08/08/2025	872.12	1,768.35	0.54			] 042.1°	R	271.47	15.0	18:06	3,704.00	3,704.00	200.00	B	183.84	16.00	16.00					Visual [] Radar [X]	GPS [X] Other []	[]	Level 1		Level 1
	112° 29' 04" E	11:22															0												
	14° 28' 40" N	08/09/2025	1,143.59	1,496.89	0.54					] 028.5°	R	220.21	15.0	14:41	3,704.00	3,704.00	574.20	C	532.33					16.00	16.00				
	115° 35' 29" E	02:03													0														
	17° 42' 02" N	08/10/2025	1,363.80	1,276.68	0.54	] 048.7°	R	347.65	15.0	23:11	3,704.00	3,704.00	200.00	U	176.84	16.00	16.00	Visual [] Radar [X]	GPS [X] Other []	[]	Level 1		Level 1						
	117° 24' 49" E	01:14														0													
	21° 31' 12" N	08/10/2025	1,711.44	929.03	0.54			] 022.4°	R	244.29	15.0	16:17	3,000.00	3,000.00	100.00	B	85.84	16.00	16.00					Visual [] Radar [X]	GPS [X] Other []	[]	Level 1		Level 1
	122° 02' 05" E	17:31														0													
25° 16' 55" N	08/11/2025	1,955.73	684.74	0.54	] 029.3°	R	239.94			15.0	16:00	3,000.00	3,000.00	20.00	D	5.84°	16.00	16.00	Visual [] Radar [X]	GPS [X] Other []	[]	Level 1		Level 1					
123° 43' 26" E	09:31														0														
28° 46' 00" N	08/12/2025	2,195.68	444.80	0.54			] 023.1°	R	241.02	15.0	16:04	3,000.00	3,000.00	20.00	D	5.84°	16.00	16.00	Visual [] Radar [X]	GPS [X] Other []					[]	Level 1		Level 1	
125° 55' 14" E	01:35														0														
32° 27' 36" N	08/12/2025	2,436.70	203.78	0.54	] 028.9°	R			173.14	15.0	11:33	3,000.00	3,000.00	20.00	D	5.84°	16.00	16.00	Visual [] Radar [X]	GPS [X] Other []	[]	Level 1		Level 1					
127° 44' 56" E	13:07														0														
34° 59' 05" N	08/12/2025	2,609.83	30.64	0.54			] 004.2°	R	22.98	15.0	01:32	1,500.00	1,500.00	30.00	D	15.34	16.00	16.00	Visual [] Radar [X]	GPS [X] Other []					[]	Level 1		Level 1	
129° 25' 26" E	14:39														0														
35° 22' 00" N	08/12/2025	2,632.81	7.66	0.27	] 320.2°	R			2.85	15.0	00:11	1,000.00	1,000.00	5.00	D	-8.42°	16.00	16.00	Visual [] Radar [X]	GPS [X] Other []	[]	Level 1		Level 1					
129° 27' 29" E	14:50														0														
35° 24' 11" N	08/12/2025	2,635.66	4.81	0.27			] 342.5°	R	4.00	15.0	00:16	185.00	185.00	10.00	D	-3.67°	16.00	16.00	Visual [] Radar [X]	GPS [X] Other []					[]	Level 1		Level 1	
129° 25' 15" E	15:06														0														
35° 28' 00" N	08/12/2025	2,639.66	0.81	0.27	] 359.3°	R			0.43	15.0	00:02	185.00	185.00	10.00	D	-3.67°	16.00	16.00	Visual [] Radar [X]	GPS [X] Other []	[]	Level 1		Level 1					
129° 23' 47" E	15:08														0														
35° 28' 25" N	08/12/2025	2,640.09	0.38	0.27			] 328.8°	R	0.38	15.0	00:02	90.00	90.00	.	.	.	16.00	16.00	Visual [] Radar [X]	GPS [X] Other []					[]	Level 1		Level 1	
129° 23' 46" E	15:08														0														
35° 28' 45" N	08/12/2025	2,640.47	0.00	0.27																									

Додаток Б

ГРАФІЧНИЙ ПЛАН ПЕРЕХОДУ

