

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

Навчально-науковий інститут навігації

Кафедра Управління судном

ДИПЛОМНА РОБОТА МАГІСТРАНТА

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

Шандра Дмитро Сергійович

(прізвище, ім'я по-батькові)

Тема роботи Комплексне опрацювання та дослідження етапів переходу судна
«Okean August» за маршрутом Роттердам -Порт Саїд

Підпис магістранта Дмитро ШАНДРА

Завідувач кафедри _____

Керівник Ігор ВОРОХОБІН

Рецензент _____

Нормоконтроль _____

м. Одеса
2025 рік

Магістерська робота містить 123 с., 36 рис., 51 таб., 43 використаних джерел.

Дипломна робота являє собою «Комплексне опрацювання та дослідження етапів переходу судна «Okean August» за маршрутом Роттердам - Порт Саїд».

Метою дослідницького розділу є дослідження проблеми параметричної хитавиці (параметричного кочення), яка виникає внаслідок динамічної нестабільності остійності судна при зустрічному або попутному хвилюванні. Проаналізовано механізм ініціювання цього явища, що є типовим для сучасних великотоннажних контейнеровозів через особливості їхньої форми корпусу (значний розвал бортів для максимізації вантажопідйомності). Встановлено, що параметрична хитавиця яка ініціюється періодичною зміною остійності судна внаслідок проходження гребня та западини хвилі на міделі, що може призвести до катастрофічних наслідків: пошкодження вантажу, структурних деформацій та ризику перекидання. Підкреслюється критична важливість розробки ефективних заходів протидії та профілактики, які охоплюють як конструктивні зміни корпусу, так і експлуатаційні рекомендації щодо вибору курсу та швидкості.

The master's thesis contains 123 pages, 36 figures, 51 tables, 43 used sources.

The diploma thesis is «Comprehensive study and research of the stages of the transition of the ship "Okee August" on the route Rotterdam - Port Said».

This chapter is devoted to the study of the problem of parametric rolling, which arises due to the dynamic instability of ship stability when sailing in head or following seas. The initiation mechanism of this phenomenon, which is typical for modern large container ships due to the specific features of their hull form (pronounced flare to maximize cargo capacity), is analyzed. It is established that parametric rolling is initiated by the periodic variation of the ship's stability as the wave crest and trough pass amidships, which can lead to catastrophic consequences: cargo damage, structural deformation, and the risk of capsizing. The critical importance of developing effective countermeasures and preventative measures is emphasized, covering both structural modifications of the hull and operational recommendations regarding the selection of course and speed.

ВСТУП

Для сучасного судноплавства характерні високі швидкості руху суден, значна інтенсивність вантажопасажирських перевезень на основних морських шляхах, збільшення кількості великотоннажних суден. Однією з умов успішної експлуатації морського флоту є забезпечення безпеки мореплавства. У зв'язку з цим зросли вимоги до якості будівництва суден, до точності і надійності приладів, що встановлюються на суднах, до підготовки та кваліфікації фахівців, що використовують сучасну техніку.

У цьому дослідницькому розділі дипломної роботи міститься ретельний аналіз параметричної хитавиці на суднах, що дає уявлення про її складну динаміку, причини, наслідки та потенційні стратегії пом'якшення. Параметрична хитавиця є складним і іноді небезпечним явищем, яке ставить під загрозу безпеку та остійність суден у морі. Взаємодія хвиль і форми корабля була встановлена як основна причина параметричного кочення. Довжина хвилі,

амплітуда хвилі та характеристики судна, такі як довжина, ширина та осадка, відіграють вирішальну роль у визначенні ймовірності параметричного кочення. Числове вираження з використанням рівняння Мат'є також було вивчено для кочення судна з і без демпфування. Параметрична прокатка має серйозні наслідки. До них належать зниження безпеки екіпажу, пошкодження вантажу, структурні деформації та, у важких випадках, ймовірність перекидання. Було зрозуміло, що зміна параметрів може мати катастрофічні наслідки для морських операцій, що робить критично важливим розробку ефективних заходів пом'якшення та профілактики. Для протидії параметричному коченню було вивчено декілька заходів пом'якшення. Ці заходи включають як конструктивні зміни, так і експлуатаційні міркування.

Параметрична хитавиця — це явище, яке виникає внаслідок динамічної нестабільності руху судна, особливо при русі на зустрічному або попутному хвилюванні. Це типове явище для суден із значним розвалом бортів у носовій та кормовій частинах, що характерно для великотоннажних контейнеровозів (наприклад, типу C11 [25]). Такі судна спроектовані з розширеними частинами для максимального збільшення вантажопідйомності.

РАЗДЕЛ 1

ХАРАКТЕРИСТИКИ СУДНА

1.1 Загальні відомості і головні розміри судна

Таблиця 1.1 – Основні відомості про судно

1.	Назва судна	Okee August
2.	Тип судна	Container Ship
3.	Позивний сигнал судна	D5JR8
4.	IMO	9151864
5.	MMSI	636092661
6.	Рік і місце побудови	1998 Wenchong Shipyard - Гуанчжоу,

		Китай
7.	Клас Регістру	Німецький Ллойд
8.	Порт приписки	Limassol
9.	Судновласник	Леонхардт і Блюмберг - Гамбург, Німеччина
10.	Менеджмент	Леонхардт і Блюмберг - Гамбург, Німеччина
11.	Довжина найбільша L (м)	202
12.	Довжина між перпендикулярами 	191
13.	Ширина найбільша B (м)	32,2
14.	Висота борту до верхньої палуби H (м)	19,4
15.	Найбільша осідання T (м)	13,523
16.	Осадка T (м) в повному вантажу и порожньому	4,08 м. 13,52
17.	Водотоннажність (т) в повному вантажу Δ порожньому Δ_0	49564 т. 12677 т.
18.	Повна вантажопідйомність Δ_w (т)	36887
19.	Головний двигун: тип: потужність: частота обертання:	Ч/Б 25020 кВт
20.	Режим роботи головного двигуна	«Full ahead» – 69 «Half ahead»: – 55 «Slow ahead»: – 38 «Dead slow ahead»: – 30
21.	Швидкість судна	20
22.	Гребний гвинт: Кількість лопастей: Діаметр та крок гвинта (м) Дискове відношення: Напрямок обертання:	4 фіксованого кроку, 62,6 об/хв правий
23.	Тип руля і площа його пера (м ²)	Полубалансирне/ 40
24.	Тип стернової машини: Підрулюючий пристрій:	Електрогідравлічна Natlara Make, R4ST500. Потужність: 1100 кВт
25.	Суднова радіостанція: Склад суднової радіоапаратури відповідає вимогам району А3 та	за вимогами району А3 включає: 2 VHF (DSC), MF / HF, NAVTEX (EGC), EPIRB, 2 SART, 3 VHF

	включає в себе:	Portable, Inmarsat-C.
26.	Валова реєстрова місткість (GRT)	30971
27.	Чиста реєстрова місткість (NRT)	14641
28.	Добова витрата палива: На ходу: важке паливо (HFO) На стоянці: дизельне паливо (DO)	72 т HFO, 3,2 т of DO. 3,2 т of DO
29.	Координати центру мас порожнього судна	Z = 13.40 м; X = -15.52 м.

1.2 Транспортно-експлуатаційні характеристики

Схематичний план бокового вигляду судна, а також план верхньої палуби судна приведено на рис. 1.1 та 1.2.

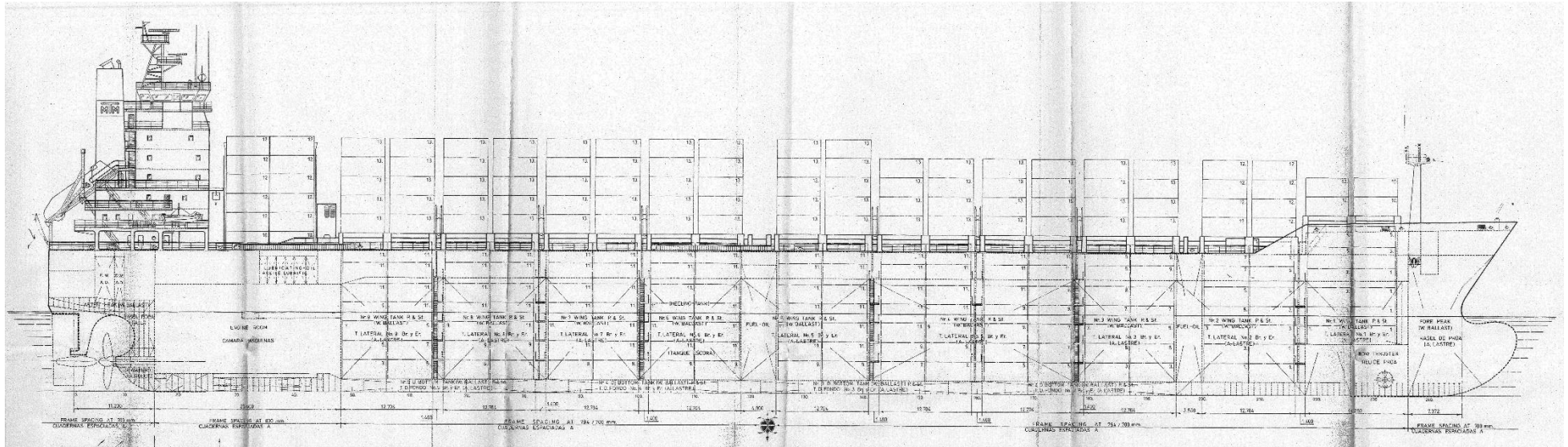


Рисунок 1.1 - Схематичне креслення бічного виду судна

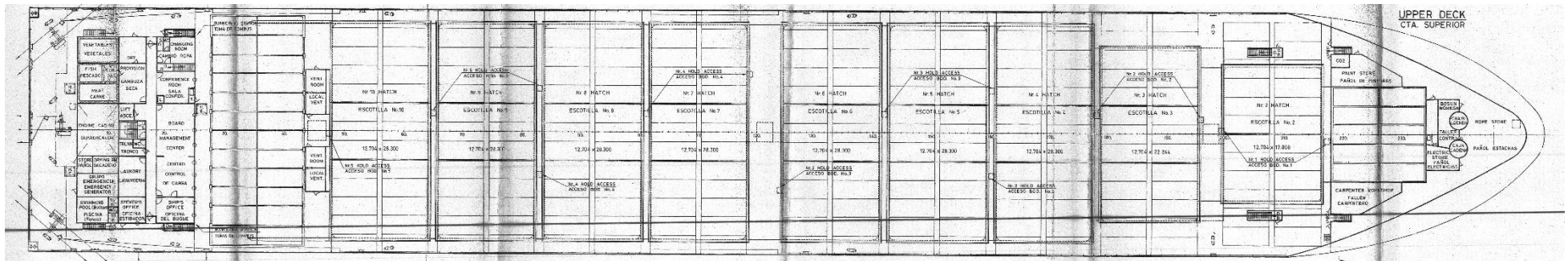


Рисунок 1.2 - План верхньої палуби

Вантажна шкала представлена на рис.1.3.

Також в доповненні до вантажною шкалою нижче зведені всі дані у табл. 1.2.

Таблиця 1.2 – Вантажна шкала судна

Водотоннажність, т	Вантажопідйомність, т	Осадка, м	Число тонн на 1 см осадки, т\см	Момент дифференціюючий на 1 м, тм
49.564	37.011	12,52	52.85	650,0
46.800	34.300	12,0	51,50	608,0
41.800	29.300	11,0	48,65	527,0
37.100	24.600	10,0	46,40	470,0
32.400	20.000	9,0	44,25	425,0
28.200	15.800	8,0	42,56	394,0
24.000	11.500	7,0	41,15	372,5
19.950	7.400	6,0	39.75	351,5
16.050	3.500	5,0	38,27	332
12.553	0	4,08	36,78	312

1.3 Маневрені характеристики

Дані про маневрені характеристики, дані по якірному ланцюгу, по роботі рульового пристрою, збільшення осадки та інш. представлені на рис. 1.4 – "Wheelhouse poster".

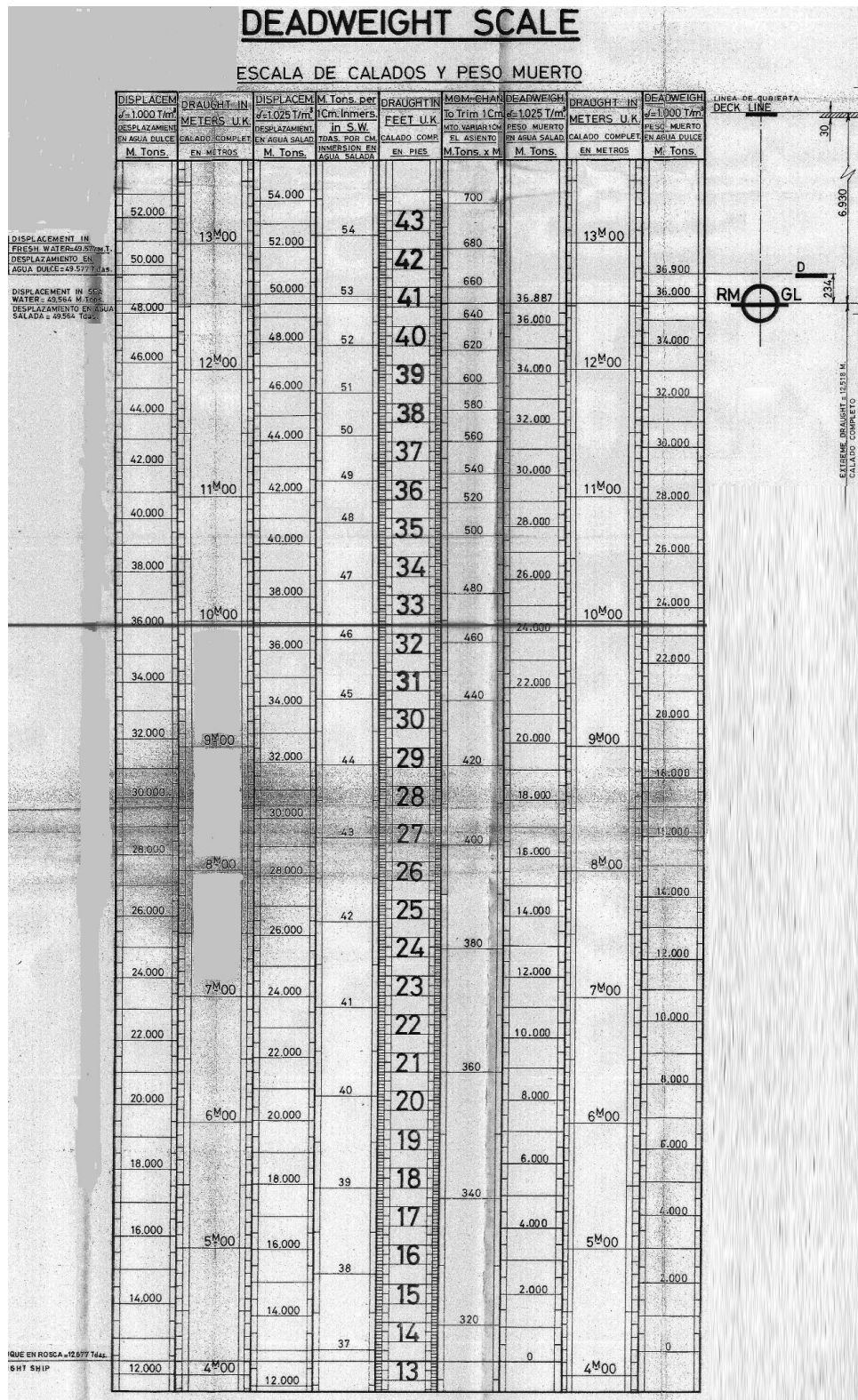
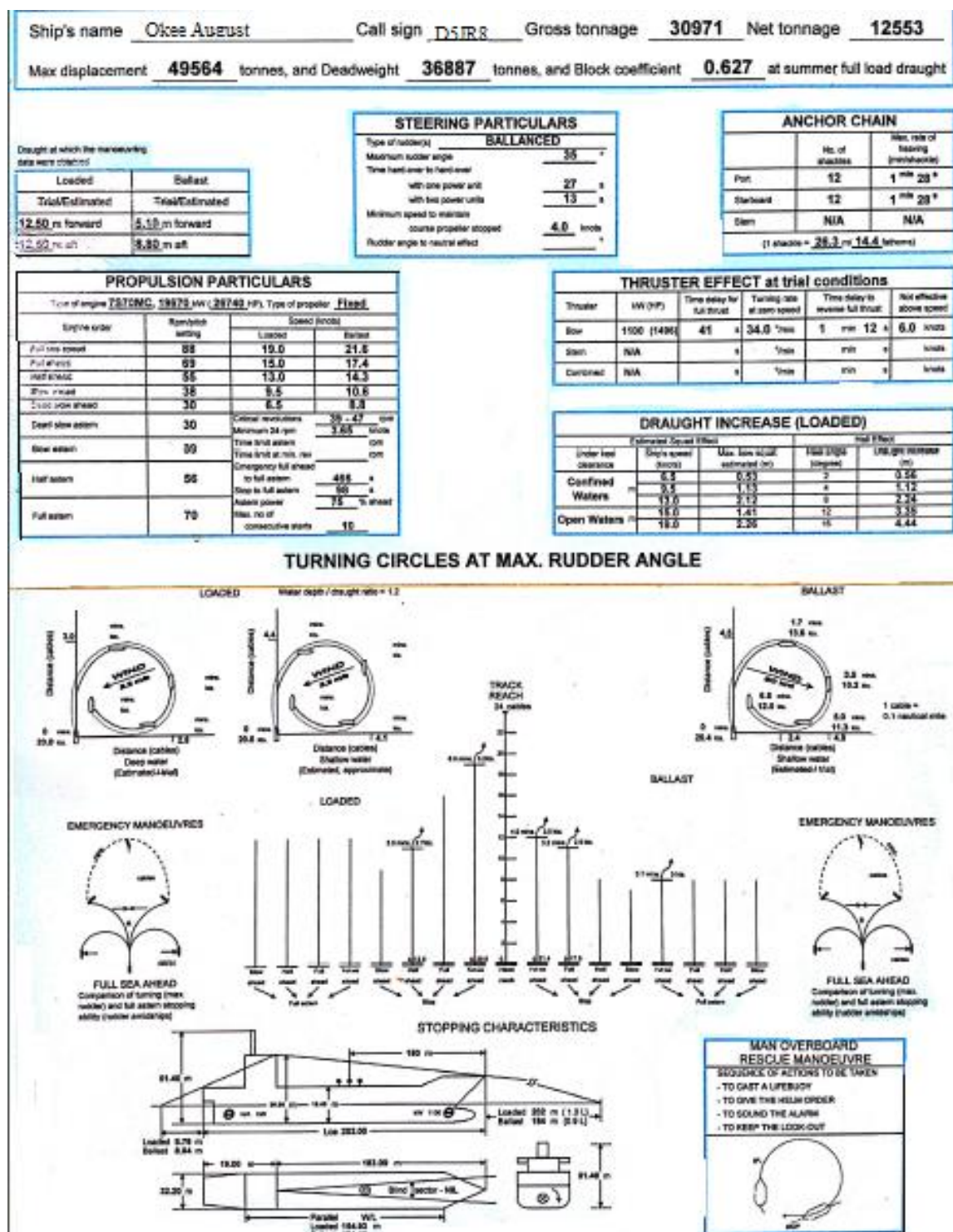


Рисунок 1.3 – Вантажна шкала



Дані про гальмівний шлях - Stopping characteristics - наведені на рис.1.5 у вигляді таблиць, складених для стану судна в вантажу і в баласті, згідно рекомендацій ІМО.

Лоцманська картка розглянутого судна наведена на рис. 1.6 "Pilot Card".

1.5 Навігаційне обладнання

Дані усіх технічних засобів навігації (ТЗН) судна (електрорадіонавігаційні прилади та системи) представлені в табл. 1.5.

Таблиця 1.5. Технічні засоби навігації

Прилад, система	Тип, марка	К-сть	Місце встановлення
Магнітний компас	Sperry	1	Верхній місток
Гірокомпас	Sperry MK 37	1	Ходовий місток
Радіолокатор (САРП)	Sperry Marine USA	2	Ходовий місток
Ехолот	Simrad	1	Ходовий місток
Лаг	Sperry	1	Ходовий місток
ПИ СНС	Shipmate CP32 GPS	1	Ходовий місток
ПИ СНС	Navigator MK10 DGPS	1	Ходовий місток
AIS	Furuno FA150	1	Ходовий місток

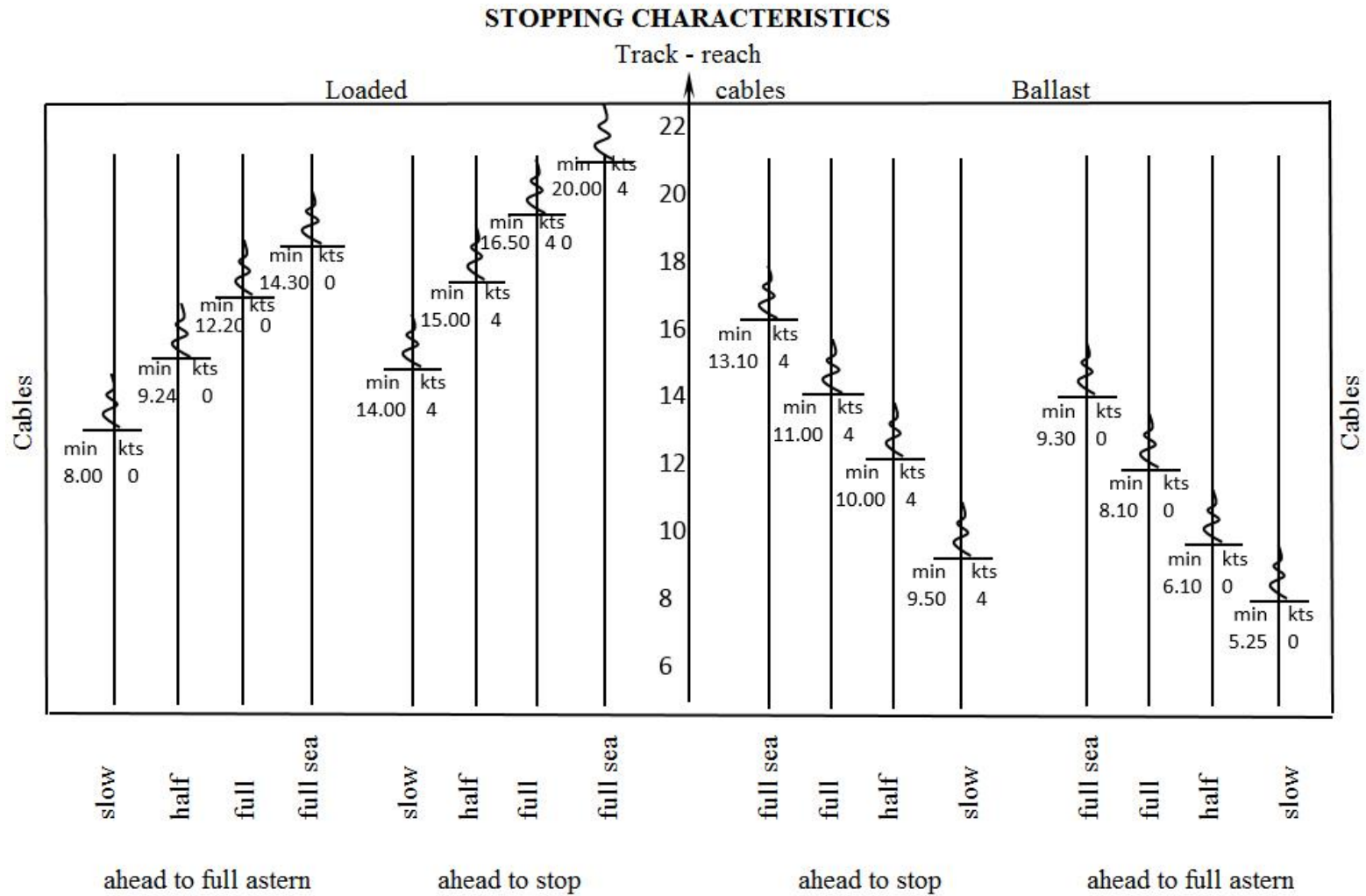


Рисунок 1.5 – Stopping characteristics (характеристики гальмування)

Call Sign	<u>D5JR8</u>	Year built : <u>1998</u>	Summer DWT: <u>42317</u> mt
Draught a	Aft <u>9,88</u> m <u>32</u> ft <u>5</u> in,	Forward <u>8,31</u> m <u>27</u> ft <u>3</u> in,	Summer Displ.: <u>54 994</u> mt
DISPL 35319,8 mt AIR DRAFT 41,52 m 136 ft 3 in, GROSS TONNAGE 30971 mt			

SHIP'S PARTICULARS

Length overall 202 m, Anchor chain:Port 12 shackles, Starboard 12 shackles

Breadth 32,2 m, Stern - shackles,

Bulbus bow : YES (1 Shackle = 26,3 m/ 14,4 fathoms)

19/62.3 m / ft

183/600.4 m / ft

32.2 m/105.64 ft

Parallel W/L

Loaded: m/ ft

Ballast : m/ ft

Air draught : 41,5 m / 136 ft 3

Right hand propeller

9,88 m / 32 ft 5

51,4 m / 168,6 ft

Type of engine	<u>MAN B&W 7S70 MC DIESEL</u>	Maximum power <u>19670</u> kW	(<u>26740</u> HP)
----------------	-----------------------------------	-------------------------------	--------------------

Manoeuvring engine order	Rpm / pitch	Speed (knots)	
		Loaded	Ballast
Full ahead	69	15	15
Half ahead	55	13	13
Slow ahead	38	9,6	9,6
Dead slow ahead	30	6. 5	6. 5
Dead slow astern	30	Time limit astern <u>-</u>	
Slow astern	38	Full ahead to full stern <u> </u> s	
Half astern	55	Max. no of consec. starts <u>10</u>	
Full astern	69	Minimum RPM <u>30</u> <u>6. 5</u> kn	
		Astern power <u>75</u> % ahead	

Note: To revers the engine speed must be less than 6.0 kn ahead/ 3.0 kn astern

Master of mv *

Рисунок 1.6 – “Pilot Card”

Виконана в масштабі, схема розташування ТЗН і пультів на ходовому містку (вид зверху), представлена на рис 1.7.

Точнісні характеристики наявних на судні ТЗН представлені в таблиці 1.6.

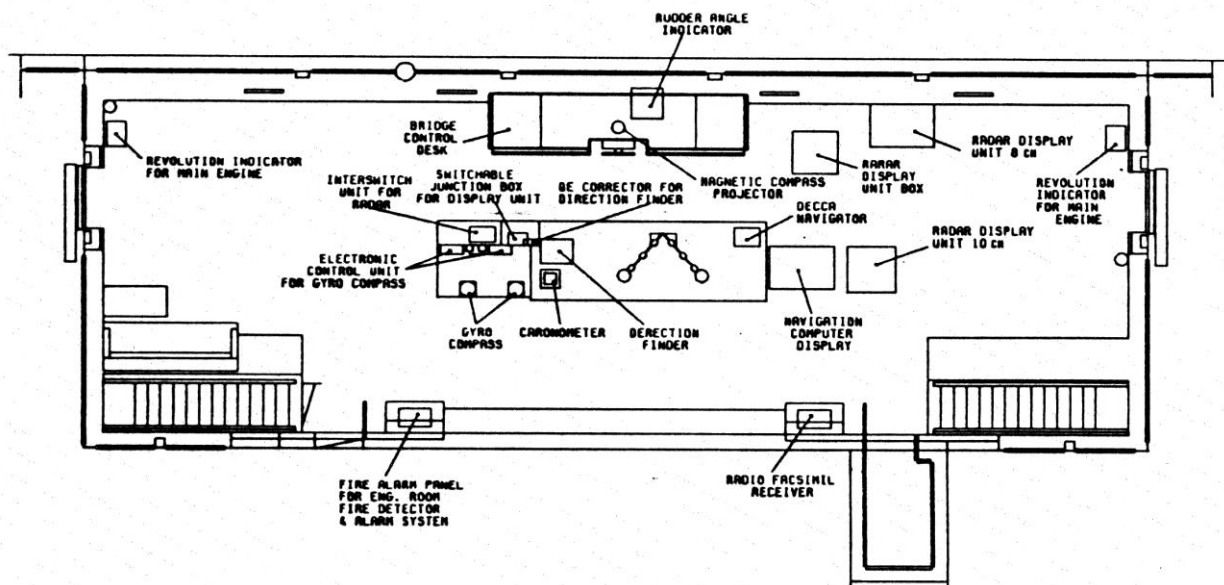


Рисунок 1.7 – Схема розташування ТЗН і пультів на ходовому містку

Таблиця 1.6 – Точнісні характеристики технічних засобів навігації

Тип, марка ТЗН	Умови	Вимірювані навігаційні параметри	СКП одного виміру	Модуль градієнта параметра
Магнітний компас Sperry	пеленгатор	Пеленг/курс	1.5°	57.3°/ Д
Гірокомпас Sperry MK 37	рухоме судно / пеленгатор	пеленг	0.7°	57.3°/ Д
Радіолокатор (САПІ) Sperry Marine USA	електронний візир шкала 4м шкали 8-72	пеленг дистанція	1.1° 1.0 % від Д 0.6 % від Д	57.3°/ Д 1
ПІ СНС Navigator MK10		широта довгота	0.01' 0.02'	1 1 / cos φ
ПІ СНС Simrad Shipmate CP32D B/W		широта довгота	0.01' 0.02'	1 1 / cos φ

РОЗДІЛ 2

АНАЛІЗ, ОЦІНКА ТА ПЛАНУВАННЯ НАВІГАЦІЙНОГО ПЕРЕХОДУ

2.1 Загальні вимоги до аналізу та плануванню навігаційного переходу

Загальні вимоги щодо планування переходу містяться у вимогах кодексу з підготовки і дипломування моряків та несення вахти (ПДНВ-78/95) в розділі А-VIII/2, частина 2, які формулюються наступним чином:

1. Майбутній рейс повинен плануватися заздалегідь, беручи до уваги всю наявну до цього інформацію;

2. Старший механік повинен, проконсультувавшись з капітаном, визначити заздалегідь потреби майбутнього рейсу, беручи до уваги потреби в паливі, воді, мастильних матеріалах, хімікатах, витратних та інших запасних частинах, інструментах, запаси і інших вимог;

3. До початку кожного рейсу капітан кожного судна повинен забезпечити, щоб передбачуваний шлях з порту відходу до першого порту заходження планувався, використовуючи правильно підібрані відповідні карти та інші навігаційні посібники, необхідні для майбутнього рейсу, містять точну повну і скориговану інформацію щодо тих навігаційних обмежень і небезпек, які мають постійний або передбачуваний характер, і які мають відношення до безпеки плавання суден;

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

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

Вимоги та рекомендації щодо планування переходу містяться в таких документах як:

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

Існують чотири стадії планування безпечного переходу:

I. Appraisal (Оцінка).

II. Planning (Планування).

III. Execution (Виконання).

IV. Monitoring (Контроль).

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

2.2 Оцінка запланованого переходу

У цьому параграфі наводимо конкретну інформацію, що стосується опрацювання переходу, що відповідає етапу «Passage plan Apraisal». Для цього проводиться підбір навігаційних карт, посібників і публікацій на заданий перехід по Каталогі Адміралтейських карт і публікацій (Catalogue of Admiralty Charts and Publications)

Таблиця 2.1 – Перелік карт на перехід

Тип карти	Cell No.	Назва карти	Дата випуску
ге н	4014	North Atlantic Ocean Eastern Part	07.2020

	4103	English Channel to the Strait of Gibraltar and the arquipelago dos Acores	06.2021
	1104	Bay of Biscay	07.2021
	87	Cabo Finisterre to the Strait of Gibraltar	11. 2018
	4300	Mediterranean and Black Seas	12.2021
	4301	Mediterranean Sea Western Part	10.2020
	4302	Mediterranean Sea Eastern Part	12.2021
Шляхові, приватні карти і плани	208	Rotterdam Nieuwe Maas and Oude Maas	03. 2021
	207	Hoek van Holland to Vlaadirgen Nieuwe Waterweg and Europoort Continuation Nieuwe Waterweg	10.2020
	110	Westkapelle to Stellendam and Maasvlakte	03.2021
	2449	Dover Streit to Westerschelde	03.2022
	1873	Dunkerque to Oostende	09.2021
	323	Dover strait-Eastern part	03.2022
	1892	Dover Strait Western Part	03.2022
	2451	Newhaven to Dover and Cap D'Antifer to Cap Gris-Nez	04.2021
Шляхові, приватні карти і плани	2450	Anvil Point to Beachy Head	04.2021
	2669	Channel Islands and adjacent Coast of France	02.2022
	2656	English Channel-Central Part	03.2020
	2655	English Channel Western Entrance	03.2020
	3636	Cabo Espichel to Cabo de Sao Vicente	11.2018
	91	Cabo de Sao Vicente to the Strait of Gibraltar	11.2018

	142	Strait of Gibraltar	11.2018
	3578	Eastern Approaches to the Strait of Gibraltar	11.2018
	773	Strait of Gibraltar to Isla de Alboran	04.2018
	774	Motril to Cartagena Including Isla de Alboran	11.2018
	1909	Ile Plane to Cherchell	07.2017
	1910	Cherchell to Bejaia	07.2017
	252	Cap Corbelin to Cap Takouch	07.2021
	2121	Ras el Hadid (Cap de Fer)to Iles Cani	07.2020
	2122	Bizerte to Capo San Marco	01.2021
	2123	Capo Granrtola to Capo Passero	01.2021
	2573	El Burullos to El Arish	02.2021
	240	Approaches to Port Said Port Said	03.2021
Допоміжні карти	5006	The World Time Zone Chart	2021
	5500	Mariners Routeing Guide – English Channel and Southern North Sea	2021
	5308	The World Sailing Ship Routes	2011
	5309	World General Surface Current Distribution	2016
	5375	Magnetic variation. 2015 and Annual rates of Change - North Atlantic Ocean and Mediterranean Sea	2020
	D6083	The World Load Line Regulations	2018

Таблиця 2.2 – Перелік публікацій на перехід

NP No	TITLE
SAILING DIRECTIONS	

28	Dover Strait Pilot
27	Channel Pilot
67	West Coast of Spain & Portugal Pilot
1	Africa Pilot, Vol. 1
45	Mediterranean Pilot, Vol. 1
49	Mediterranean Pilot, Vol. 5
ADMIRALTY LIST OF LIGHTS AND FOG SIGNALS	
74	Volume A, British Isles and North Coast of France
77	Volume D, South Europe – Atlantic Coast and Africa
78	Volume E, Mediterranean, Black and Red Seas
ADMIRALTY LIST OF RADIO SIGNALS	
281	Volume 1 – Part 1, Coast Radio Stations
282	Volume 2 – Radio Navigational Aids, Electronic Position Fixing Systems and Radio Time Signals
283	Volume 3 – Part 1, Radio Weather Services and Navigational Warnings
284	Volume 4 – List of Meteorological Observation Stations
285	Volume 5 – GMDSS
286(1)	Volume 6 Part 1, Pilot Service, Vessel Traffic services and Port Operations: United Kingdom and Ireland (including European channel ports)
286(2)	Volume 6 - Part 2. Pilot Services. Vessel Traffic Services and Port Operations (Europe excluding UK, Ireland, Channel Ports and the Mediterranean)
286(3)	Volume 6 - Part 3. Pilot Services. Vessel Traffic Services and Port Operations (Mediterranean and Africa - including Persian Gulf)
288	Satellite Navigation Systems
ADMIRALTY TIDE TABLES	
201	Volume 1 – European waters (including Mediterranean)
202	Volume 2 – Atlantic and Indian Ocean
ADMIRALTY DISTANCE TABLES	
350	Part 1 – Atlantic Ocean, NW Europe, Mediterranean Sea, Caribbean Sea and Gulf of Mexico

Продовження табл. 2.2

ASTRONOMICAL PUBLICATIONS	
314-00	Nautical Almanac 2002
303 (4)	Sight Reduction Forms (H.494)
323	Star Finder and Identifier
401 (2)	Sight Reduction Tables for Marine Navigator – Vol. II Lat 30° - 45°
MISCELLANEOUS PUBLICATIONS	
100	The Mariners Handbook
136	Ocean Passages for the World (4 th Edition, 1987)
131	Catalogue of Admiralty Charts and Publication
294	How to Correct your charts the Admiralty Way
735	IALA Maritime Buoyage System, Edition 5
5011	Symbols and Abbreviations used on Admiralty Charts, Edition 2
Guide to Port Entry	
Fairplay	

2.2.1 Підготовка для прийому та обміну навігаційною інформацією на переході

Необхідно проаналізувати, описати та систематизувати навігаційну інформацію, що передається за допомогою GMDSS та факсимільних гідрометеорологічних карт.

В даний час всі завдання отримання, передачі інформації на судах вирішуються штурманським складом в процедурах і з використанням апаратних засобів ГМЗЛБ. Однією з функцій ГМЗЛБ є передача на судна в морі інформації з безпеки мореплавства (ІБМ). Збором, координацією і передачею ІБМ займається служба безпеки SafetyNET, яка є складовою частиною ГМЗЛБ. Структура SafetyNET і завдання, які вирішуються службою, викладені в керівництві IMO International SafetyNET Manual.

Інформація з безпеки на морі (ІБМ, Maritime Safety Information – MSI) включає навігаційні та метеорологічні попередження, метеорологічні прогнози

та інші невідкладні повідомлення, пов'язані з безпекою. Ця інформація є життєва важливою для всіх судів, тому вона є обов'язковою для прийому на всіх судах незалежно від району плавання.

В ГМЗЛБ інформація з безпеки включає:

- навігаційні попередження;
- метеорологічну інформацію;
- інформацію при пошуку і рятування;
- попередження про піратські напади.

Збір і поширення інформації з навігаційних попереджень забезпечується Всесвітньої служби навігаційних попереджень (ВСНП), (WWNWS – World Wide Navigational Service) на основі функціонального керівництва Міжнародної гідрографічної організації (ІНО – International Hydrographic Organization).

Метеорологічна інформація забезпечується Всесвітньою метеорологічною організацією (WMO – World Meteorological Organization).

Інформація щодо пошуку та рятування забезпечується владою, відповідальними за координацію рятувальних операцій на морі – (морськими) рятувально-координаційними центрами (RCC, MRCC), у відповідності зі стандартами і процедурами, встановленими Міжнародної морської організації (ІМО).

Для координації передач ІБМ весь світовий океан розділений на 16 морських районів, званих NAVAREA (або METAREA) і позначаються римськими цифрами. У кожному з цих районів є країна – координатор відповідальна за збір, аналіз і передачу навігаційної інформації.

За допомогою посібника ALRS 283 використовуємо інформацію щодо факсимільних карт погоди та зводимо її до таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 - Радіостанції факсимільних гідрометеорологічних передач

N	Радіо /	Позначення і	Зміст	час
---	---------	--------------	-------	-----

п/п	станція	кордони карти	передачі	передачі
1	Northwood	54°N 82°W 26°N 45°W 54°N 51°E 28°N 12°E	Surface Analysis Significant Wind Areas T+24	0400(00) 0900(06) 1200(06) 1500(12) 1800(12) 0748(00) 2112(12)
2	Athinai (Greece)	A. 1: 15 000 000 49°N 23°W 45°N 42°E 23°N 7°W 21°N 35°E B. 1: 15 000 000 54°N 3°W 40°N 44°E 33°N 3°W 25°N 31°E C. 1: 15 000 000 42°N 23°W 38°N 32°E 36°N 20°W 32°N 28°E	A. Asurface Analysis 24 hour Surface Prognosis 48 hour Surface Prognosis B. 30, 36, 42, 48 hour Wave Height Prognosis (Mediterranean Sea) C. 30, 36, 42, 48 hour Wave Height Prognosis (Aegean Sea)	0845(06) 0857(06) 0909(06) 0921(12) 1009(12)

За допомогою посібника ALRS 285 вибираємо інформацію про райони NAVAREA і станції NAVTEX за маршрутом переходу. Дані зводимо в таблицю.

Таблиця 2.4 - Райони NAVAREA, станції NAVTEX на переході

№	час передачі	Район NAVAREA	Станції NAVTEX	Координатор NAVAREA
1	East Atlantic and North Sea	I	Oostende [T] Corsen [A]	UK

2	Atlantic Ocean (Portugal Coast)	II	Monsanto [R]	France
3	South Coast of Spain	III	Tarifa [G]	Spain
4	Mediterranean Sea	III	Roma [R] Alexandria [N] Limnos [L]	Spain

За допомогою посібника ALRS 286 визначаємо наявність по маршруту контрольних постів, районів, де здійснюється управління рухом суден постами СУРС (Reporting Areas), вирішуємо питання про зв'язок з контрольними станціями і постами - терміни, форми і способи подачі інформації. З'ясовуємо деталі зв'язку з лоцманськими станціями і операторами терміналів в портах. Отримані відомості зводимо в таблицю 2.5.

Таблиця 2.5 – Зв'язок на переході

№	Станція	спосіб зв'язку	Канали, частоти	Примітка
1	Rotterdam Port Control Pilot	VHF	08 12	LOA, Next Port of Call
2	Dover Strait Dover Coastguard	VHF	11	Dover strait Reporting system area
3	Marsala VTs	VHF	16; 12; 14	Call sign, name of ship, IMO number, Last/Next Port of Call, Cargo
4	Port Said Pilots and Port	VHF	16; 12; 13; 09	Call sign, name of ship, IMO number, Next port of Call, ETA, LOA, Draught

Таблиця 2.6 – СУРС по маршруту переходу

№	Traffic separation scheme	Station	VHF	Reporting point description
	Rotterdam	Rotterdam VTS	14	Reporting system area

	Dover Strait	Dover Strait VTS	79	Reporting system area
	Gibraltar Strait	Tarifa VTS	16, 10	Reporting system area

На підставі аналізу підібраних і відкоригованих матеріалів робимо висновок про те, що інформаційного забезпечення для безпечного плавання на переході досить.

2.2.2 Збір та аналіз гідрометеорологічної інформації

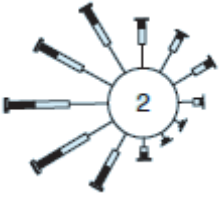
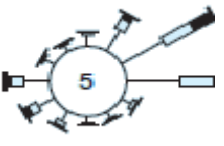
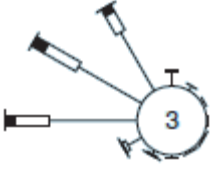
Проаналізуємо відкориговані карти і книги, беручи до уваги всі небезпеки плавання і забезпеченість ЗНЗ, включаючи:

- течії,
- припливи,
- осадку судна на всьому протязі шляху.
- поради та рекомендації, наведені у лоціях і інших посібниках.
- навігаційні вогні і знаки на переході і їх характеристики,
- прикметні берегові орієнтири,
- навігаційні попередження по шляху прямування,
- кліматичні дані по шляху проходження.

Аналіз гідрометеорологічних умов по маршруту плавання виконується за період (місяць) переходу, що проробляється. Для цього використовуються середні багаторічні дані, які наведені в Атласах океанів, кліматологічних, гідрографічних і океанографічних посібниках, Pilot Chart (Інтернет-сайт www.passageweather.com). Необхідні дані вносимо в таблиці 2.7, 2.8.

Таблиця 2.7. - Атмосферний тиск і розшифровка «роз вітрів»

Характеристики за ділянками	Атлантичне узбережжя	Західна частина Середземного моря	Східна частина Середземного моря
1	2	3	4
Атмосферний тиск, гПа	1018	1016	1010

Вітер									
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	8	-	-	2	-	-	21	4	-
NE	4	-	2	1	-	-	2	-	-
E	6	-	-	-	-	-	1	-	-
SE	6	-	-	2	-	-	3	-	-
S	8	-	-	2	-	-	3	-	-
SW	23	2	-	-	1	-	3	-	-
W	23	2	-	16	1	1	16	5	-
NW	21	1	-	56	1	-	52	8	-
Результуючий вітер	направлення, у румбах		WSW	направлення, у румбах		ENE	направлення, у румбах		WNW
	швидкість, м/с		8	швидкість, м/с		6	швидкість, м/с		7
Максимальна швидкість вітру, м/с	спостережена		10	спостережена		12	спостережена		10
	розрахункова		10	розрахункова		11	розрахункова		11
Повторюваність штилів, %	20			60			80		

Таблиця 2.8. - Видимість, водний і тепловий режими атмосфери, гідрологічні характеристики

Характеристики за ділянками	Атлантичне узбережжя	Західна частина Середземного моря	Східна частина Середземного моря
-----------------------------	----------------------	-----------------------------------	----------------------------------

1	2	3	4
Температура повітря, °С	22	28	30
Температура води, °С	19-20	24	28
Відносна вологість, %	82	72	71
Повторюваність туманів, %	30	5	-
Видимість менше 2 міль	5	1	-
Хмарність, бали	6	2	2
Солоність води, ‰	63	57	72
Щільність води, г/см ³ (або кг/м ³)	1.027	1.025	1,026

Продовження табл. 2.8

1		2	3	4
Постійні течії	назва	Гольфстрім	Туніське	Середземне
	термодинамічна характеристика	тепле	тепле	тепле
	напрявлення	ENE	ENE	ENE
	швидкість, вузл.	1-2	1-2	1-2
	стійкість	50-75	50-75	50-75
Швидкість припливних течій, вузл.		1-3	0,5	0,5
Висота хвиль, м	середня	3	1	1
	максимальна	6	3	3
Період хвиль, с		7	5	5

2.2.3 Збір та аналіз навігаційної інформації при прибережному плаванні

Порт Роттердам (Rotterdam) є одним з найбільших портів світу. Його річний вантажообіг перевищує 300 млн. Т. Через порт проходить близько 2/3 всіх вантажів, що ввозяться в країну і вивозяться з неї, а також 3/4 усіх вантажів, що перевозяться по річці Рейн. Основними предметами ввозу є: нафта (близько 70% від загального обсягу ввезених вантажів), руди чорних і кольорових металів, вугілля, ліс, каучук, зернові, бавовна і багато інших видів

сировини. Вивозять з порту нафтопродукти (до 70% від загального обсягу вивезених вантажів), кам'яне вугілля, хімічні товари, машини, устаткування, судна та інші види промислової продукції.

Основним гідротехнічною спорудою, що забезпечує можливість заходу в порт Роттердам великих суден з Північного моря, є канал Роттердамс-Ватервег.

Безпека плавання суден на підходах до порту Роттердам забезпечується добре розвиненою мережею засобів навігаційного обладнання, лоцманської службою, а також регулюванням руху суден.

За рівнем механізації вантажно-розвантажувальних робіт порт Роттердам займає одне з перших місць в світі.

З портом Роттердам тісно пов'язані порти Європорт, Хук-ван-Холланд і Дордрехт. Порти Європорт і Хук-ван-Холланд є його Аванпорт з боку Північного моря, а порт Дордрехт - основним аванпортом з боку внутрішніх водних шляхів Нідерландів.

Глибини па фарватерах і каналах, що ведуть в гавані порту Роттердам, а також в усі інші парти і гавані, розташовані в гирлі річки Маас, підтримуються проведенням днопоглиблювальних робіт.

Лоцманська служба. Лоцмана лоцманської станції порту Роттердам проводять суду в море і в усі порти і гавані, розташовані на каналі Роттердамс-Ватервег і в річці Ауде-Маас; крім того, вони здійснюють проводку суден внутрішніми водними шляхами.

На станції є спеціальні лоцмана, які здійснюють швартування суден до причалів порту.

Портові засоби та обладнання. Порт Роттердам своєму розпорядженні велику кількість гаваней і причалів, оснащених сучасним обладнанням для виробництва вантажно-розвантажувальних робіт, зберігання і транспортування вантажів.

У порту є велика кількість буксирів.

Ремонт. У порту Роттердам є чотири великих суднобудівних заводи, на трьох з них виробляється ремонт суден. Крім великих заводів, в порту багато

майстерень і підприємств, на яких будуються і ремонтуються малі суду.

Постачання. У порту Роттердам можна поповнити запаси палива, прісної води і продовольства. Паливо приймається на суда безпосередньо з танкерів або нафтосховищ. Водопровід підведений до всіх основних причалів порту.

Навігаційна інформація. На підходах до рукава Зегат-ван-Хук-ван-Холланд з моря необхідна навігаційна інформація передається на судна радіолокаційною станцією Пілот-Маас. Консультації з питань навігаційної обстановки на каналах і фарватерах, що ведуть до портів і гаваней в гирлі річки Маас, а також з питань, пов'язаних з придбанням і установкою навігаційних і гідрометеорологічних приладів, можна отримати у відділенні метеорологічного інституту

Знищення і визначення девіації магнітних компасів проводиться в порту Роттердам співробітниками метеорологічного інституту. У відділенні метеорологічного інституту можна провести перевірку штурманських і гідрометеорологічних приладів і інструментів.

Радіолокаційні пости, забезпечені радіотелефони засобами зв'язку, встановлені на берегах каналу Роттердамсе-Ватервег і на території порту Роттердам.

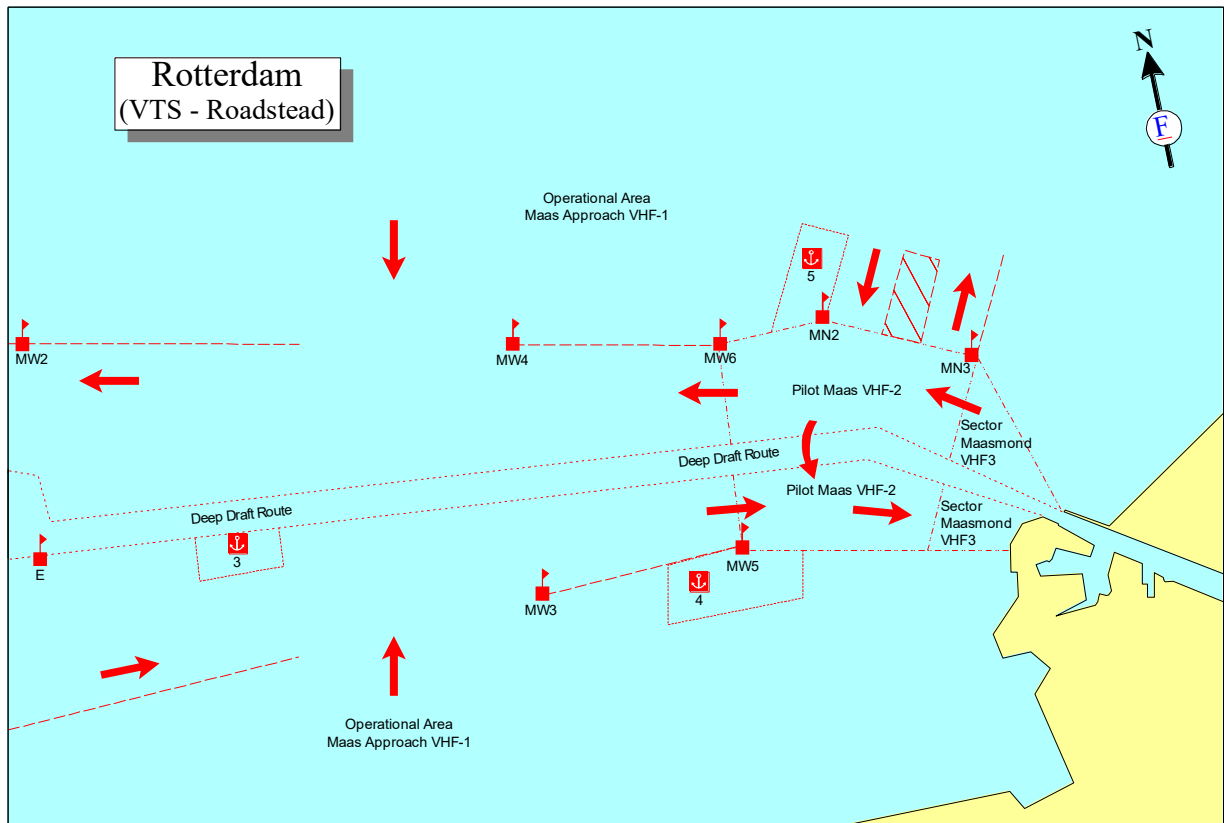


Рисунок 2.1 - План порту Роттердам

Порт Порт – Саїд доступний для великих суден, розташований при вході в Суецький канал. У зовнішньоторговельному обороті Єгипту порт посідає друге місце після порту Александрія.

Прикметні пункти.

При підході до порту з моря насамперед розпізнається висока вежа маяка Порт – Саїд, міські будівлі, портові споруди і великі судна, що знаходяться в порту. У 4, 5 і 6 кбт до ESE від маяка Порт – Саїд прикметні три пілони.

Лоцманська служба.

При вході в порт Порт – Саїд і виході з нього лоцманська проводка обов'язкова для всіх суден валовою місткістю більше 500 рег. тонн. Лоцманська проводка в порту Порт – Саїд обов'язкова для всіх судів. Швартовні операції здійснюються за допомогою портового лоцмана.

Лоцманська проводка при вході в порт починається і при виході з нього закінчується біля першої пари світяться буїв вхідного морського каналу.

Вхід в порт Порт – Саїд розташований між двома бетонними молами. Східний мол значно коротше Західного і тягнеться від берега на 13,5 кбт до

NNE. У 5 кбт від краю Східного молу до NW виступає вузький Поперечний мол довжиною 1,8 кбт.

Вогонь встановлений на краю Східного молу.

Маяк Порт – Саїд встановлений в східній частині міста Порт – Саїд у 4,5 кбт до SW від західного вхідного мису порту.

Вхідний морський канал веде з моря в порт, канал проритий уздовж східного боку Західного молу.

Якірні місця. Судна, які очікують дозволу на вхід у порт, стають на якір у районі якірної стоянки, ґрунт тут мул, якоря тримає добре. Район стоянки доступний для суден з осадкою до 9,2 м.

Наставляння для входу в порт Порт – Саїд.

Порт відкритий для плавання від сходу і заходу сонця. Судна, що входять в порт і виходять з нього, повинні розташовувати свої курси у підхідному секторі. Ця вимога повинна дотримуватися в межах 12-мильної прибережної смуги вдень і 24-мильної – вночі.

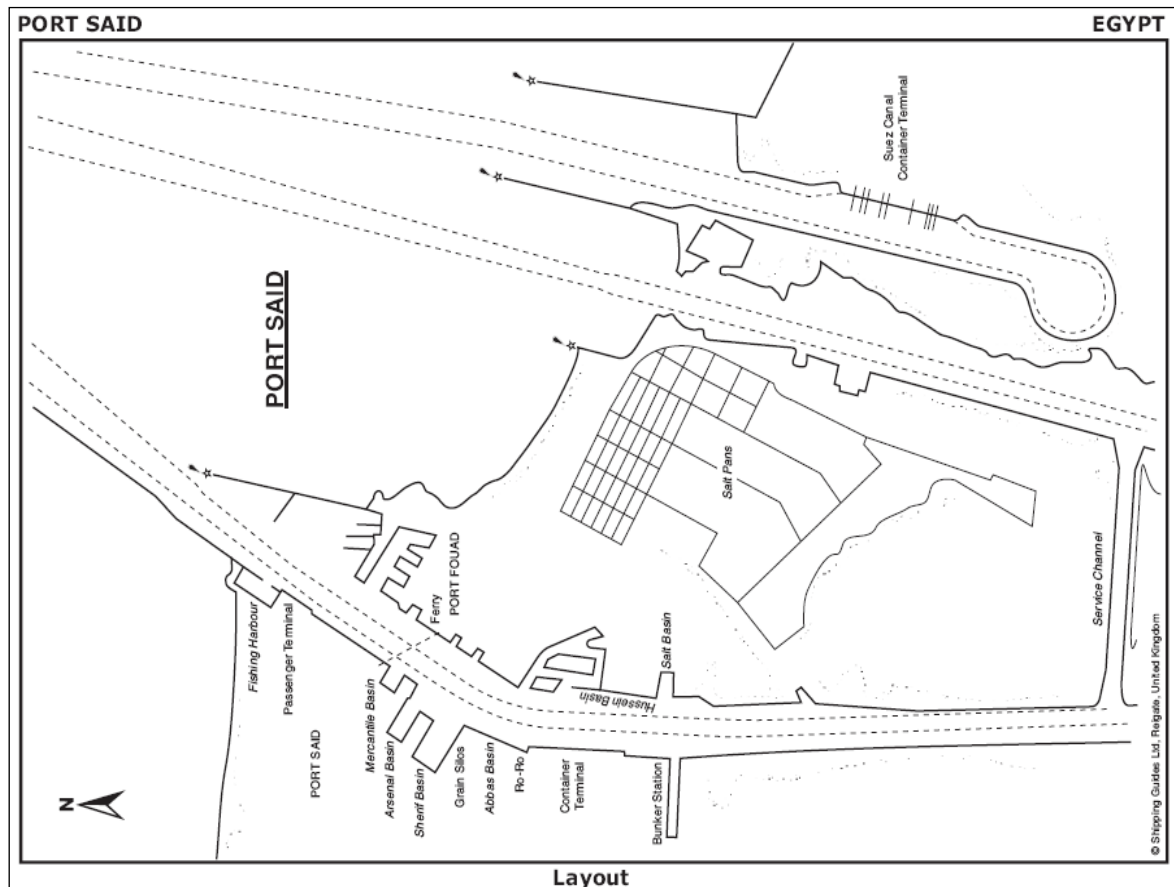


Рисунок 2.2 – План порту Порт Саїд

Таблиця 2.9 – Засоби навігаційного обладнання

№	Name	Position φ λ	Range	Characteristics
1	Maasvlakte	51°58,2`N 004°01,2`E	28	Fl(5) 20s
2	East Goodwin Lt V	51°13,2 N 001°36,3 E	23	FL 15s
3	Sandettie Lt F	51°09,3 N 001°47,1 E	15	FL 5s
4	South Goodwin LtV	51°07,9 N 001°28,4 E	15	FL(2) 20s
5	Varne Lt F	51°01,2 N 001°23,9 E	19	FL 20s
6	Dungeness	50°54,8 N 000°58,5 E	10	F 10s
7	Royal Sovereign	50°43,4 N 000°26,0 E	12	FL 20s
8	Beachyhead	50°44,0 N 000°14,4 E	20	FL(2) 20s
9	Channel Lt F	49°54,3 N 002°53,7 W	25	FL 15s
10	Lanby	48°31,1 N 005°49,1 W	20	FL 4s
11	Cap Spartel	35°47,4 N 005°55,4 W	30	FL(4) 20s
12	Cabo de Sao Vicente	37°01,3 N 008°59,7 W	32	FL 5s
13	Pointe Malubata	35°48,9 N 005°44,9 W	22	FL 5s
14	Tarifa	36°00,0 N 005°36,5 W	26	FL(3) 10s
15	Punta Almina	35°53,8 N 005°16,8 W	22	FL(2) 10s
16	Damietta	31°31,2 N 031°50,9 E	25	FL(4) 15s
17	El Bahar Touer	31°18,1 N 032°21,5 E	14	FL(4) 20s
18	Port Said	31°16,3 N 032°17,6 E	24	FL(2) 10s

2.3 Навігаційні розрахунки для забезпечення безпеки плавання

Основними критеріями при виборі оптимального шляху є безпечність, швидкість, метеоумови, економічність для збереження перевезення вантажу та досягнення економічного ефекту в кінцевому підсумку.

На океанських переходах найкоротшою відстанню між двома точками є ортодромія, т. к. земна куля-сфера.

Перш ніж приймати рішення про плавання по ортодромії необхідно розрахувати Доцільність плавання саме таким способом. Для цього знаходять довжину локсодромії і геодезичні, а потім виконують порівняння їх.

2.3.1 Розрахунок ортодромії

Коли шлях майбутнього плавання включає в себе океанський перехід, вплив погоди і стан моря набувають особливо важливе і нерідко основне значення при виборі найвигіднішого шляху судна.

Основними критеріями при виборі оптимального шляху будемо вважати безпеку плавання і мінімум часу переходу, що є основою ефективної роботи морського транспорту.

Критерії вибору шляху нерозривно пов'язані з конкретними умовами майбутнього переходу - вітром і хвилюванням, опадами і видимістю, течіями і льодами і т. д. Кожне з яких має більший або менший вплив на оптимальність того чи іншого маршруту.

При виборі трансокеанського шляху необхідно використовувати рекомендації викладені в посібниках «Океанські шляхи світу», The Mariners Handbook, Ocean Passages of the World.

Однак незалежно від того який шлях буде обґрунтовано обраний необхідно виконати розрахунки плавання по ортодромії.

Провівши розрахунок ортодромії, робиться висновок про доцільність плавання по ортодромії

Оскільки у даному переході не здійснюється трансокеанський шляхом, то ми наведемо приклад розрахунку ортодромії довільно обраних точок.

$$S = \frac{PШ}{\cos K} \quad (2.1)$$

$$\operatorname{tg} K = \frac{PД}{PМЧ} \quad (2.2)$$

$$\cos D = \sin \varphi_1 \cdot \sin \varphi_2 + \cos \varphi_1 \cdot \cos \varphi_2 \cdot \cos(\lambda_2 - \lambda_1) \quad (2.3)$$

$$\Delta = S - D \quad (2.4)$$

Рівняння ортодромії для нанесення на меркаторську карту:

$$\operatorname{tg} \varphi_i = \operatorname{ctg} K_0 \cdot \sin(\lambda_i - \lambda_0) \quad (2.5)$$

де λ_0 – довгота точки перетину екватора ортодромії;

K_0 – кут між меридіаном і ортодромії.

Обчислимо довжину локсодромії і ортодромії між двома поворотними точками при плаванні по Атлантичному океану.

$$\begin{aligned} \varphi_H &= 45^\circ 35' N & \varphi_K &= 36^\circ 00' N \\ \lambda_H &= 56^\circ 15' W & \lambda_K &= 07^\circ 00' W \end{aligned}$$

Розрахунки представимо у вигляді таблиць.

Таблиця 2.10 – Розрахунок локсодромії

φ_K	$36^\circ 00.0' N$	λ_K	$007^\circ 00.0' W$	РМЧ	- 762
φ_H	$45^\circ 35.0' N$	λ_H	$056^\circ 15.0' W$	K	$104,4^\circ$
РШ	- 575	РД	2955	S	2304

Таблиця 2.11 – Розрахунок ортодромії

$\sin \varphi_1 \cdot \sin \varphi_2$	+	0,421935
$\cos \varphi_1 \cdot \cos \varphi_2 \cdot \cos(\lambda_2 - \lambda_1)$	+	0,371447
$\cos D$		0,7919
D		$37,9^\circ = 2274'$

$$\Delta = S - D = 2304 - 2274 = 30.0 \text{ миль}$$

Висновок: Виграш в відстані становить 30.0 миль, тому не має сенсу йти по дузі великого кола.

Розрахунок параметрів ортодромії:

$$\lambda_o = \frac{(\lambda_K + \lambda_H)}{2} - a \tan \left[\operatorname{tg} \left(\frac{\lambda_K - \lambda_H}{2} \right) \cdot \sin(\varphi_K + \varphi_H) \cdot \operatorname{cosec}(\varphi_K - \varphi_H) \right] \quad (2.6)$$

$$\operatorname{ctg} K_o = \operatorname{tg} \varphi_K \cdot \operatorname{cosec}(\lambda_K - \lambda_o) \quad (2.7)$$

Результати розрахунків заносимо в таблицю

Таблиця 2.12 - Курси і відстані при плаванні по ортодромії

N	Широта	Довгота	Курс	Відстань
1	45° 39. 0N	050° 00.0 W	89	262
2	45° 04.0 N	040° 00.0 W	95	423
3	45° 33.0 N	030° 00.0 W	102	439
4	41° 02.0 N	020° 00.0 W	109	469
5	37° 21.0 N	010° 00.0 W	115	514
6	36° 00.0 N	007° 00.0 W	119	166

2.3.2 Складання маршрутних листів

Відповідно до рекомендацій ІМО, при плануванні рейсу необхідно скласти маршрутні листи, які повинні лежати на штурманському столі. Безумовно, протягом рейсу в маршрутні листи вносяться необхідні зміни. Маршрутний лист приведено на рис. 2.3.

2.3.3 Графічний план переходу

Результати навігаційного планування переходу оформляють у вигляді графічного плану переходу (рис.2.4). На графічному плані наноситься наступна інформація: курс судна (ортодромія чи локсодромія), назви портів відходу/заходу, основні течії, рози вітрів.

2.3.4 Розрахунок природної освітленості

Розрахунки освітленості виконують двома послідовними наближеннями:

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

Route: <Роттердам - Порт Саид>														
WP	Lat	Lon	Distance	Course	Total Distance	Time Zone	ETA	ETD	TTG	Total Time	Speed	Bearing	Dist	Mark
0	51° 53.974' N	004° 21.578' E	XXXX	XXXX	XXXX	00:00 W	XXXX	12.08.2023 08:00	XXXX	XXXX	XXXX	35	0,05	Pier
1	51° 53.575' N	004° 19.519' E	1,34 nm	252,6°	1,34 nm	00:00 W	12.08.2023 08:11	12.08.2023 08:11	00d 00h 11m	00d 00h 11m	7,0 kt	210	0,1	Geulhaven
2	51° 53.917' N	004° 17.044' E	1,57 nm	282,6°	2,91 nm	00:00 W	12.08.2023 08:24	12.08.2023 08:24	00d 00h 13m	00d 00h 24m	7,0 kt	47	0,15	38
3	51° 55.040' N	004° 14.209' E	2,08 nm	302,6°	4,99 nm	00:00 W	12.08.2023 08:42	12.08.2023 08:42	00d 00h 17m	00d 00h 42m	7,0 kt	297	0,2	25
4	51° 55.900' N	004° 13.267' E	1,04 nm	325,9°	6,03 nm	00:00 W	12.08.2023 08:51	12.08.2023 08:51	00d 00h 08m	00d 00h 51m	7,0 kt	325	0,2	Maassluis
5	51° 56.749' N	004° 10.910' E	1,69 nm	300,2°	7,72 nm	00:00 W	12.08.2023 09:06	12.08.2023 09:06	00d 00h 14m	00d 01h 06m	7,0 kt	270	0,2	11
6	51° 58.333' N	004° 07.720' E	2,53 nm	308,8°	10,25 nm	00:00 W	12.08.2023 09:27	12.08.2023 09:27	00d 00h 21m	00d 01h 27m	7,0 kt	328	0,3	Berghaven LL
7	51° 58.846' N	004° 05.981' E	1,19 nm	295,5°	11,44 nm	00:00 W	12.08.2023 09:38	12.08.2023 09:38	00d 00h 10m	00d 01h 38m	7,0 kt	107	1	Berghaven LL
8	51° 59.661' N	004° 01.781' E	2,72 nm	287,4°	14,17 nm	00:00 W	12.08.2023 09:54	12.08.2023 09:54	00d 00h 16m	00d 01h 54m	10,0 kt	90	0,6	N Brkw
9	52° 01.650' N	003° 53.596' E	5,43 nm	291,5°	19,60 nm	00:00 W	12.08.2023 10:10	12.08.2023 10:10	00d 00h 16m	00d 02h 10m	20,0 kt	191	0,5	Maas Center
10	52° 04.181' N	002° 53.121' E	37,42 nm	273,9°	57,02 nm	00:00 W	12.08.2023 12:03	12.08.2023 12:03	00d 01h 52m	00d 04h 03m	20,0 kt	197	4,4	Noord Hinder
11	51° 26.400' N	002° 00.300' E	50,08 nm	220,9°	107,11 nm	00:00 W	12.08.2023 14:33	12.08.2023 14:33	00d 02h 30m	00d 06h 33m	20,0 kt	180	2,6	F3
12	51° 12.200' N	001° 44.000' E	17,51 nm	215,7°	124,62 nm	00:00 W	12.08.2023 15:25	12.08.2023 15:25	00d 00h 52m	00d 07h 25m	20,0 kt	282	4,9	E.Goodwin
13	50° 36.700' N	000° 34.200' E	56,70 nm	231,2°	181,32 nm	00:00 W	12.08.2023 18:15	12.08.2023 18:15	00d 02h 50m	00d 10h 15m	20,0 kt	-	-	GPS
14	49° 59.000' N	003° 00.000' W	142,44 nm	254,6°	323,76 nm	00:00 W	13.08.2023 01:23	13.08.2023 01:23	00d 07h 07m	00d 17h 23m	20,0 kt	139	6	Channel Lt
15	48° 43.500' N	005° 27.100' W	122,31 nm	231,8°	446,07 nm	00:00 W	13.08.2023 07:30	13.08.2023 07:30	00d 06h 06m	00d 23h 30m	20,0 kt	-	-	GPS
16	43° 13.900' N	009° 57.100' W	379,56 nm	209,7°	825,63 nm	00:00 W	14.08.2023 02:28	14.08.2023 02:28	00d 18h 58m	01d 18h 28m	20,0 kt	-	-	GPS
17	38° 45.600' N	009° 54.900' W	268,15 nm	179,6°	#####	00:00 W	14.08.2023 15:53	14.08.2023 15:53	00d 13h 24m	02d 07h 53m	20,0 kt	-	-	GPS
18	36° 51.300' N	009° 11.600' W	119,21 nm	163,3°	#####	00:00 W	14.08.2023 21:50	14.08.2023 21:50	00d 05h 57m	02d 13h 50m	20,0 kt	43	13,9	Cabo de Sao
19	35° 55.100' N	006° 12.000' W	155,49 nm	111,2°	#####	00:00 W	15.08.2023 05:37	15.08.2023 05:37	00d 07h 46m	02d 21h 37m	20,0 kt	-	-	GPS
20	35° 55.100' N	005° 36.600' W	28,75 nm	090,0°	#####	00:00 W	15.08.2023 07:03	15.08.2023 07:03	00d 01h 26m	02d 23h 03m	20,0 kt	0	4,8	Tarifa
21	35° 59.000' N	005° 22.600' W	12,02 nm	071,1°	#####	00:00 W	15.08.2023 07:39	15.08.2023 07:39	00d 00h 36m	02d 23h 39m	20,0 kt	138	6,9	Punta Almina
22	37° 52.400' N	008° 59.500' E	700,38 nm	080,7°	#####	01:00 E	16.08.2023 19:40	16.08.2023 19:40	01d 11h 01m	04d 10h 40m	20,0 kt	-	-	GPS
23	37° 32.100' N	011° 01.800' E	99,15 nm	101,8°	#####	01:00 E	17.08.2023 00:38	17.08.2023 00:38	00d 04h 57m	04d 15h 38m	20,0 kt	-	-	GPS
24	35° 30.000' N	016° 01.700' E	270,73 nm	116,8°	#####	01:00 E	17.08.2023 14:10	17.08.2023 14:10	00d 13h 32m	05d 05h 10m	20,0 kt	-	-	GPS
25	31° 45.900' N	031° 59.000' E	829,76 nm	105,6°	#####	02:00 E	19.08.2023 08:39	19.08.2023 08:39	01d 17h 29m	06d 22h 39m	20,0 kt	205	16,1	Damietta
26	31° 25.000' N	032° 24.000' E	29,85 nm	134,3°	#####	02:00 E	19.08.2023 10:31	19.08.2023 10:31	00d 01h 51m	07d 00h 31m	16,0 kt	198	7,3	El Bahar
27	31° 19.700' N	032° 22.500' E	5,44 nm	193,6°	#####	02:00 E	19.08.2023 11:04	19.08.2023 11:04	00d 00h 32m	07d 01h 04m	10,0 kt	206	1,8	El Bahar
28	31° 16.000' N	032° 19.100' E	4,70 nm	218,3°	#####	02:00 E	19.08.2023 11:44	19.08.2023 11:44	00d 00h 40m	07d 01h 44m	7,0 kt	282	1,35	Port Said
29	31° 14.800' N	032° 18.100' E	1,47 nm	215,6°	#####	02:00 E	19.08.2023 11:57	XXXX	00d 00h 12m	07d 01h 57m	7,0 kt	340	1,6	Port Said
Sea passage Rotterdam PILOT to Port Said PILOT : DISTANCE =						3330,0	TIME FOR SEA PASSAGE =		170 hrs					
Pilotage						20								
During pilotage a position on the chart every 6 min and before course alteration. All depths less than 8 m are highlighted Reporting Points and Notes are marked on the charts.						1. ALRS - NP 281(1), 283(1), 285, 286(1,3,2)								
						2. NP 202, 120 - Tidal Tables, 3. NP 74, 77, 78 - Light List								
						4. NP 28, 27, 67, 1, 45, 49 - Sailing Directions								
						4014-4103-4104-87-4300-4301-4302-208-207-110-2449-1873-323-1892-2451-2450-2669-2656-2655-3636-91-142-3578-773-774-1909-1910-252-2121-2122-2123-2573-240								

Route: Rotterdam – Port Said

WP	Lat	Lon	Distance	Course	Total Distance	Time Zone	ETA	ETD	TTG	Total Time	Speed	Bearing	Dist	Mark
0	51° 53.974' N	004° 21.578' E	XXXX	XXXX	XXXX	00:00 W	XXXX	12.08.2025 08:00	XXXX	XXXX	XXXX	35	0,05	Pier
1	51° 53.575' N	004° 19.519' E	1,34 nm	252,6 °	1,34 nm	00:00 W	12.08.2025 08:11	12.08.2025 08:11	00d 00h 11m	00d 00h 11m	7,0 kt	210	0,1	Geulhaven
2	51° 53.917' N	004° 17.044' E	1,57 nm	282,6 °	2,91 nm	00:00 W	12.08.2025 08:24	12.08.2025 08:24	00d 00h 13m	00d 00h 24m	7,0 kt	47	0,15	38
3	51° 55.040' N	004° 14.209' E	2,08 nm	302,6 °	4,99 nm	00:00 W	12.08.2025 08:42	12.08.2025 08:42	00d 00h 17m	00d 00h 42m	7,0 kt	297	0,2	25
4	51° 55.900' N	004° 13.267' E	1,04 nm	325,9 °	6,03 nm	00:00 W	12.08.2025 08:51	12.08.2025 08:51	00d 00h 08m	00d 00h 51m	7,0 kt	325	0,2	Maasshuis
5	51° 56.749' N	004° 10.910' E	1,69 nm	300,2 °	7,72 nm	00:00 W	12.08.2025 09:06	12.08.2025 09:06	00d 00h 14m	00d 01h 06m	7,0 kt	270	0,2	11
6	51° 58.333' N	004° 07.720' E	2,53 nm	308,8 °	10,25 nm	00:00 W	12.08.2025 09:27	12.08.2025 09:27	00d 00h 21m	00d 01h 27m	7,0 kt	328	0,3	Berghaven LL
7	51° 58.846' N	004° 05.981' E	1,19 nm	295,5 °	11,44 nm	00:00 W	12.08.2025 09:38	12.08.2025 09:38	00d 00h 10m	00d 01h 38m	7,0 kt	107	1	Berghaven LL
8	51° 59.661' N	004° 01.781' E	2,72 nm	287,4 °	14,17 nm	00:00 W	12.08.2025 09:54	12.08.2025 09:54	00d 00h 16m	00d 01h 54m	10,0 kt	90	0,6	N Brkw
9	52° 01.650' N	003° 53.596' E	5,43 nm	291,5 °	19,60 nm	00:00 W	12.08.2025 10:10	12.08.2025 10:10	00d 00h 16m	00d 02h 10m	20,0 kt	191	0,5	Maas Center
10	52° 04.181' N	002° 53.121' E	37,42 nm	273,9 °	57,02 nm	00:00 W	12.08.2025 12:03	12.08.2025 12:03	00d 01h 52m	00d 04h 03m	20,0 kt	197	4,4	Noord Hinder
11	51° 26.400' N	002° 00.300' E	50,08 nm	220,9 °	107,11 nm	00:00 W	12.08.2025 14:33	12.08.2025 14:33	00d 02h 30m	00d 06h 33m	20,0 kt	180	2,6	F3
12	51° 12.200' N	001° 44.000' E	17,51 nm	215,7 °	124,62 nm	00:00 W	12.08.2025 15:25	12.08.2025 15:25	00d 00h 52m	00d 07h 25m	20,0 kt	282	4,9	E.Goodwin
13	50° 36.700' N	000° 34.200' E	56,70 nm	231,2 °	181,32 nm	00:00 W	12.08.2025 18:15	12.08.2025 18:15	00d 02h 50m	00d 10h 15m	20,0 kt	-	-	GPS
14	49° 59.000' N	003° 00.000' W	142,44 nm	254,6 °	323,76 nm	00:00 W	13.08.2025 01:23	13.08.2025 01:23	00d 07h 07m	00d 17h 23m	20,0 kt	139	6	Channel Lt
15	48° 43.500' N	005° 27.100' W	122,31 nm	231,8 °	446,07 nm	00:00 W	13.08.2025 07:30	13.08.2025 07:30	00d 06h 06m	00d 23h 30m	20,0 kt	-	-	GPS
16	43° 13.900' N	009° 57.100' W	379,56 nm	209,7 °	825,63 nm	00:00 W	14.08.2025 02:28	14.08.2025 02:28	00d 18h 58m	01d 18h 28m	20,0 kt	-	-	GPS
17	38° 45.600' N	009° 54.900' W	268,15 nm	179,6 °	1093,77 nm	00:00 W	14.08.2025 15:53	14.08.2025 15:53	00d 13h 24m	02d 07h 53m	20,0 kt	-	-	GPS
18	36° 51.300' N	009° 11.600' W	119,21 nm	163,3 °	1212,98 nm	00:00 W	14.08.2025 21:50	14.08.2025 21:50	00d 05h 57m	02d 13h 50m	20,0 kt	43	13,9	Cabo de Sao
19	35° 55.100' N	006° 12.000' W	155,49 nm	111,2 °	1368,48 nm	00:00 W	15.08.2025 05:37	15.08.2025 05:37	00d 07h 46m	02d 21h 37m	20,0 kt	-	-	GPS
20	35° 55.100' N	005° 36.600' W	28,75 nm	090,0 °	1397,23 nm	00:00 W	15.08.2025 07:03	15.08.2025 07:03	00d 01h 26m	02d 23h 03m	20,0 kt	0	4,8	Tarifa
21	35° 59.000' N	005° 22.600' W	12,02 nm	071,1 °	1409,25 nm	00:00 W	15.08.2025 07:39	15.08.2025 07:39	00d 00h 36m	02d 23h 39m	20,0 kt	138	6,9	Punta Almina
22	37° 52.400' N	008° 59.500' E	700,38 nm	080,7 °	2109,62 nm	01:00 E	16.08.2025 19:40	16.08.2025 19:40	01d 11h 01m	04d 10h 40m	20,0 kt	-	-	GPS
23	37° 32.100' N	011° 01.800' E	99,15 nm	101,8 °	2208,77 nm	01:00 E	17.08.2025 00:38	17.08.2025 00:38	00d 04h 57m	04d 15h 38m	20,0 kt	-	-	GPS
24	35° 30.000' N	016° 01.700' E	270,73 nm	116,8 °	2479,50 nm	01:00 E	17.08.2025 14:10	17.08.2025 14:10	00d 13h 32m	05d 05h 10m	20,0 kt	-	-	GPS
25	31° 45.900' N	031° 59.000' E	829,76 nm	105,6 °	3309,26 nm	02:00 E	19.08.2025 08:39	19.08.2025 08:39	01d 17h 29m	06d 22h 39m	20,0 kt	205	16,1	Damietta
26	31° 25.000' N	032° 24.000' E	29,85 nm	134,3 °	3339,11 nm	02:00 E	19.08.2025 10:31	19.08.2025 10:31	00d 01h 51m	07d 00h 31m	16,0 kt	198	7,3	El Bahar
27	31° 19.700' N	032° 22.500' E	5,44 nm	193,6 °	3344,55 nm	02:00 E	19.08.2025 11:04	19.08.2025 11:04	00d 00h 32m	07d 01h 04m	10,0 kt	206	1,8	El Bahar
28	31° 16.000' N	032° 19.100' E	4,70 nm	218,3 °	3349,25 nm	02:00 E	19.08.2025 11:44	19.08.2025 11:44	00d 00h 40m	07d 01h 44m	7,0 kt	282	1,35	Port Said
29	31° 14.800' N	032° 18.100' E	1,47 nm	215,6 °	3350,72 nm	02:00 E	19.08.2025 11:57	XXXX	00d 00h 12m	07d 01h 57m	7,0 kt	340	1,6	Port Said
Sea passage Rotterdam PILOT to Port Said PILOT : DISTANCE =						3330,0	TIME FOR SEA PASSAGE =						170 hrs	
Pilotage						20								
During pilotage a position on the chart every 6 min and before course alteration. All depths less than 8 m are highlighted Reporting Points and Notes are marked on the charts.						1. ALRS - NP 281(1), 283(1), 285, 286(1,3,2)								
						2. NP 202, 120 - Tidal Tables, 3. NP 74, 77, 78 - Light List								
						4. NP 28, 27, 67, 1, 45, 49 - Sailing Directions								
						4014-4103-4104-87-4300-4301-4302-208-207-110-2449- 1873-323-1892-2451-2450-2669-2656-2655-3636-91-142- 3578-773-774-1909-1910-252-2121-2122-2123-2573-240								

Рисунок 2.3 – Маршрутний лист

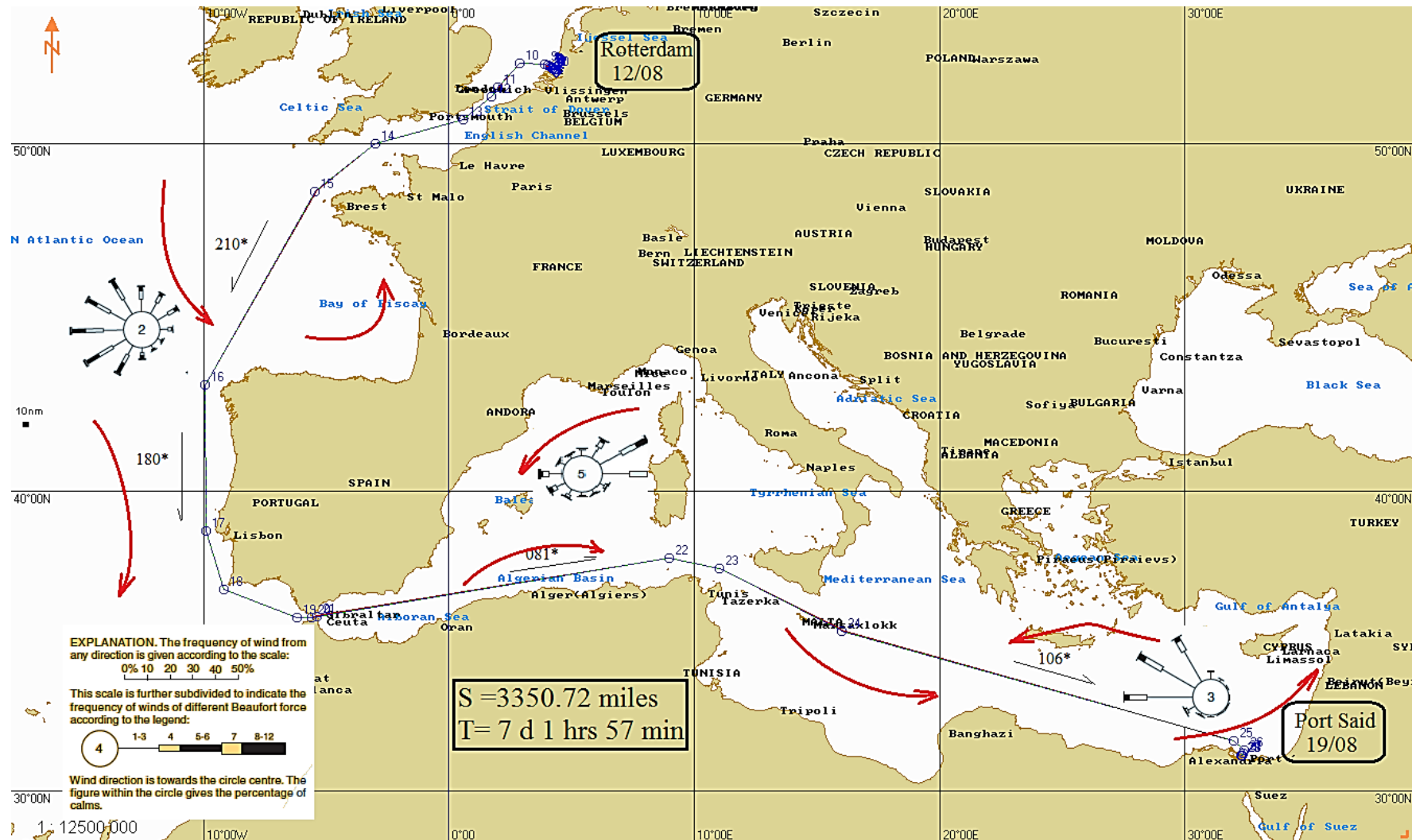


Рисунок 2.4 – Графічний план переходу

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

По широті місця судна φ і схиленню Сонця δ на моменти його сходу і заходу по формулі $\tan A$ розрахуємо азимути Сонця (Z) при сході і заході, які також внесемо до таблиці 2.13.

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

Місцевий час явища переводять у Грінвічний:

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

Грінвічний час явища переводять в судновий:

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

У таблиці 2.12 приведено елементи освітленості на початок, середину та кінець рейсу.

Таблиця 2.13 – Елементи освітленості

Date	Twilight	SUN				Twilight	MOON		
		Sunrise ZT	Z	Sunset ZT	Z		Moonrise ZT	Age	Moonset ZT
12.08	02.53	04.22	64	19.03	296	20.23	08.56	4	21.09
16.08	04.23	05.22	72	18.40	287	19.38	13.45	8	23.45
19.08	04.30	05.26	75	18.30	285	19.25	16.25	11	01.49

2.3.5 Розрахунок висот приливів та побудова графіків приливів

Таблиці припливів містять відомості про час настання і висотах повних і малих вод. Таким чином вибираємо з таблиць припливів для порту Лісабон часи настання і висоти вод, для порту Олександрія припливи розраховувати не будемо, так як коливання води в порту незначні. Для складання таблиці використовувалася програма TideCalc. Ці дані представлені в таблиці 2.13. А також представлені графіки припливів на рисунку 2.5.

Таблиця 2.13 - Припливи в порту Роттердам

Роттердам			
12/08		19/08	
Тп	hп	Тп	hп
09:34	1.7	21:53	1.6
Тм	hм	Тм	hм
04:37	0.2	16:57	0.3

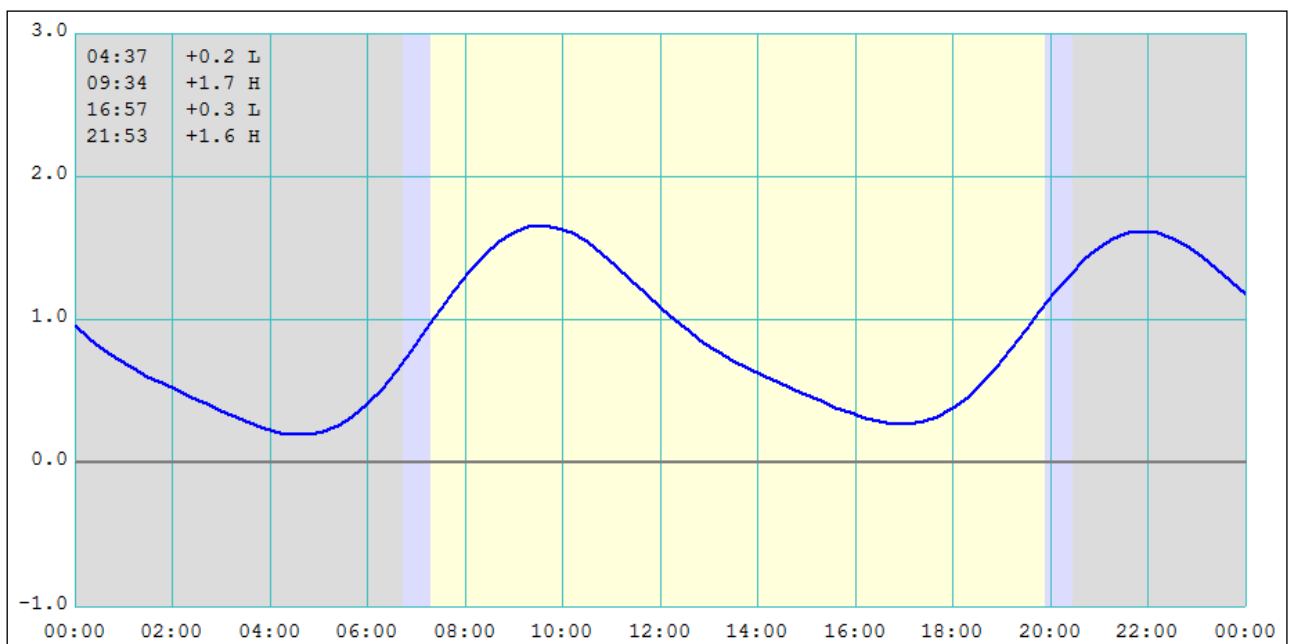


Рисунок 2.4 - Графік повної і малої води для порту Роттердам

2.4 Висновки

Перехід з порту Роттердам в порт Порт Саїд проходить уздовж Піренейського півострова по Атлантичному океану потім по всій південній частині Середземного моря із заходу на схід.

У процесі опрацювання навігаційного переходу були обрані безпечні курси плавання відповідно до пори року. Загальна протяжність переходу склала 3350,72 милі; час виходу з порту Роттердам 12/08/25 о 08:00 за місцевим часом; час приходу в Порт Саїд 19/08/25 о 11:57. Тривалість переходу 7 діб 1 година 57

хвилин. Запропонований шлях судна є економічним і безпечним з точки зору навігації маршрутом для даного переходу.

РОЗДІЛ 3

ОРОБКА І РОЗМІЩЕННЯ ВАНТАЖУ

3.1 Транспортні характеристики вантажів

Контейнери. Під вантажним контейнером розуміється одиниця транспортного устаткування багаторазово використовувана на одному або декількох видах транспорту, призначена для перевезення й тимчасового зберігання вантажів, із пристосуваннями, що забезпечують механізовану установку й зняття її із транспортних засобів.

При композитному завантаженні більш важкий вантаж повинен розташовуватися внизу, більш легкий і тендітний - нагорі.

Під час перевезення в контейнерах вантажів у первинній (цеховій) упаковці або полегшеній тарі відправником вантажу повинні застосовуватися засоби, що охороняють вантажі від потертості, зім'ятості, примерзання або перегріву, підмочки (обладка стін контейнера папером, обгортка вантажу в м'які ізолюючі матеріали, установка захисних планок, гумових прокладок і т.п.).

Вантажі в контейнері приймаються й здаються за масою й пломбами відправників вантажу, по зовнішньому огляду справності контейнерів і пломб і відповідності відбитків на пломбах запису в транспортних документах.

Після завантаження контейнер повинен бути опломбований відправником вантажу або з його доручення експедитором, що проводить завантаження контейнера. В окремих випадках, коли завантаження контейнерів з доручення й за рахунок вантажовласника проводить порт, він може пломбувати ці

контейнери своїми пломбами.

До кожного контейнера на добре видному важкодоступному для ушкодження місці постійно кріпиться табличка про допущення за умовами безпеки.

Табличка повинна містити наступну інформацію в будь якому разі на англійській або французькій мові:

- "Допущення за умовами безпеки КБК"
- Країна допущення й номер допущення
- Дата (рік і місяць) виготовлення
- Ідентифікаційний номер контейнера, привласнений заводом - виготовлювачем, або для існуючих контейнерів, у яких цей номер невідомий, номер, привласнений Адміністрацією
- Максимальна експлуатаційна вага брутто (кілограми й фунти)
- Припустима вага на штабелювання при 1,8g (кілограми й фунти)
- Величина навантаження при поперечному випробуванні на твердість конструкції (кілограми й фунти)

На табличці повинне бути залишене вільне місце для включення величин (коефіцієнтів) міцності торцевої й/або бічної стінки

До перевезення приймаються наступні типи контейнерів:

20-ти футовий стандартний контейнер загального призначення.(ISO 1496/1): Контейнер повністю закритий і пиловодонепроникний, що має твердий дах, тверді бічні стінки, тверді торцеві стінки, що має хоча б в одній торцевій стінці двері і призначений для перевезення й зберігання широкої номенклатури вантажів.

Розміри (довжина, ширина, висота) - 6096мм × 2370мм × 2591 мм.

40-ка футовий стандартний контейнер загального призначення.(ISO 1496/1): Контейнер повністю закритий і пиловодонепроникний, що має твердий дах, тверді бічні стінки, тверді торцеві стінки, що має хоча б в одній торцевій стінці двері і призначений для перевезення й зберігання широкої номенклатури вантажів.

Розміри (довжина, ширина, висота) - 12192мм × 2438мм × 2593 мм.

40-ка футовий "high cube" контейнер (збільшеної місткості) загального призначення.(ISO 1496/1): Контейнер повністю закритий і пиловодонепроникний, що має твердий дах, тверді бічні стінки, тверді торцеві стінки, що має хоча б в одній торцевій стінці двері і призначений для перевезення й зберігання широкої номенклатури вантажів.

Розміри (довжина, ширина, висота) - 6096мм × 2370мм × 2895 мм.

Основні транспортні характеристики вантажу який перевозиться представимо в табличній формі.

Таблиця 3.1 – Транспортні характеристики вантажів

№ п/п	Найменування вантажу	Кількість, шт	Маса партії вантажу, т	Тип контейнера, ISO	IMDG Code					Норми вантажних робіт, шт/добу	
					Номер ООН	Клас	Знак маркування	Категорія розміщення і обробка	Аварійні дії (АвК)	Вантаження	Вивантаження
1	Контейнери 20'	622	7706	GP	-	-	-	-	-	1400	1200
2	Контейнери 40'	619	9715	GP	-	-	-	-	-		
3	Контейнери 20'	5	60,5	GP	2556	4.1		Category B	F-B, S-J		
4	Контейнери 20'	1	10,5	GP	2464	5.1		Category A	F-A, S-Q		
Всього		1247	17492								

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

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

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

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

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

Судно повинне бути обладнане схваленою у встановленому порядку системою кріплення контейнерів і/або мати необхідну кількість знімних засобів кріплення для виконання схем, приведених в "Наставлянні по кріпленню контейнерів", у тому числі для разового перевезення.

Люкові кришки, призначені для розміщення контейнерів, повинні мати надійне кріплення схваленого типу від навантажень, що зрушують і відривають, створюваних контейнерами.

На люкових кришках, палубах і інших міцних конструкціях судна повинні бути встановлені в достатній кількості рими й обухи.

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

До початку вантажних операцій факт готовності вантажних приміщень оформляють актом.

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

Договором морського перевезення вантажів у трамповому судноплаванні є чартер (charter party), у лінійному - коносамент (Bill of Lading).

Коносамент - документ, що складається морським перевізником на підставі даних, представлених відправником вантажу.

У сфері лінійного судноплавства він називається лінійним коносаментом (Liner Bill of Lading).

Морська накладна (Sea Waybill) Під терміном «морська накладна» у цей момент поєднуються нові види транспортних документів, що з'явилися в морських перевезеннях,: океанська накладна (Ocean Waybill); лінійна накладна (Liner Waybills), і сама морська накладна (Sea Waybill).

Головною відмінністю морської накладної (Sea waybill) від морського коносаменту (Bill of Lading), це те, що морська накладна не є ні товаророзпорядчим (не надає право власності на вантаж), ні оборотним документом. Вантаж видається, конкретному, зазначеному в морській накладній вантажоодержувачеві, якщо він може документально підтвердити свою особу, і при цьому йому не треба пред'являти свій оригінальний екземпляр даної накладної.

Sea Waybill - це електронний документ, що підтверджує право володіння вантажем, спрощений коносамент, що передається відправником вантажу вантажоодержувачеві після видачі згаданого документа.

Роздрукований Sea Waybill вважається лише копією.

Якби вантажоодержувач не заплатив відправнику по рахунку, то, незважаючи на це, агент судноплавної лінії передав би вантаж одержувачеві, оскільки, згідно Sea Waybill, вантаж належить одержувачеві з моменту його видачі йому.

Букинг-Нот (Booking Note). Вид договору морського перевезення вантажів у лінійному судноплавстві. На відміну від фрахтового контракту, Booking Note ґрунтується на умовах лінійного коносаменту, відповідно до якого й оформляється кожне конкретне перевезення по Booking Note.

Booking Note повинен містити наступні основні умови перевезення: найменування перевізника, вантажовласника, судна, рід і кількість вантажу, місце його розміщення (у трюмі, на палубі), пункти відправлення й призначення, передбачуваний час навантажування, ставку фрахту, форму коносаменту.

На весь завантажений на судно вантаж виписується вантажний маніфест (Cargo Manifest) — транспортний документ, що містить перелік коносаментів по вантажам, прийнятим у даному порту відправлення на кожний порт призначення.

Подібний документ виписується й на контейнер зі збірними вантажами (на декілька відправників вантажу). У ньому вказуються: номер контейнера; номер пломби; номери наскрізних коносаментів; номер рейсу; назва судна; найменування відправника вантажу й вантажоодержувача; число вантажних місць; обсяг, вага по кожному коносаменті й т.д.

Після завершення навантаження відправник вантажу звичайно передає судової адміністрації наступні документи:

1. Розписка про отримані документи (Receipt for Documents);
2. Коносаменти (Bills of Lading);
3. Вантажні маніфести (Cargo Manifests);
4. Таймшит (Time Sheet);

Здача судном вантажу оформляється генеральним актом (General Statement) вивантаження судна, що складається агентом разом з адміністрацією судна після вивантаження й підписується представниками порту, митниці й судна. У ньому вказується число вантажних місць, що були на судні відповідно до вантажних документів, і фактична кількість і якість вивантаженого й прийнятого портом вантажу.

У процесі здійснення морського перевезення вантажів оформляються також, крім зазначених вище слідуючі документи:

Акт про готовність судна — перелік заходів щодо забезпечення безпеки робіт на судні й березі;

Таймшит (Time Sheet) — відомість обліку стояночного й сталійного часу судна. Складається в кожному порту навантаження й вивантаження судна, підписується капітаном і представником фрахтувальника. У таймшите точно фіксується тривалість вантажно-розвантажувальних операцій і непродуктивних простоїв судна за весь період знаходження в порту;

Список ушкоджень (Damage List) — докладний список отриманих судном ушкоджень під час проведення вантажних операцій;

Вантажний план (Cargo Plan; Stowage Plan) — план розміщення вантажу на судні для найбільш раціонального використання вантажних приміщень. Служить керівництвом при навантаженні й розвантаженні й складається з метою забезпечення повного використання вантажопідйомності й вантажомісткості судна, схоронності вантажів під час перевезення, зручного й швидкого їхнього навантаження й вивантаження, а також достатньої остійності судна, його припустимої осадки, загальної й місцевої міцності корпусу.

Прийом і здача контейнерів провадиться по їхній кількості, із зовнішнім оглядом контейнерів і перевіркою цілісності пломб первісних відправників вантажу, стану закриттів і без зважування. У перевізних документах вказуються відбитки знаків на пломбах. У випадку виявлення в момент передачі технічної несправності контейнера, у результаті якої міг мати місце доступ до вантажу або можливе його псування, а також при виявленні ушкодження або відсутності пломб, або невідповідності знаків і номерів на пломбах даним, зазначеним у перевізних документах, прийом або здача контейнерів здійснюється з перевіркою вантажу, що знаходиться в контейнері. Така перевірка провадиться комісією, що складається із представників вантажовласника, перевізника й митниці. Варто мати на увазі, що перевізник має право в будь-який час розкрити контейнер і перевірити його вміст. Якщо при цьому буде виявлено,

що вантаж у контейнері не може бути перевезений безпечно, без ушкодження або додаткових витрат з боку перевізника, останній може відмовитися від перевезення.

3.3 Розрахунок чистої вантажопідйомності судна

Повна розрахункова водотоннажність судна Δ_p , що служить вихідною величиною при визначенні його чистої вантажопідйомності Δ_q на рейс, залежить від вантажних марок у портах навантаження і вивантаження і вантажних марок і обмежень осадки на трасі переходу.

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

Перехід Роттердам – Порт Саїд проходить в зоні дії літньої вантажної марки без обмежень по осадці. Дане судно має надлишковий надводний борт, і отже, водотоннажність для тропічної, літньої і зимової вантажних марок однакова.

Повна водотоннажність по вантажну марку (з ТЕХ судна):

$$\Delta_p = 49564 \text{ т.}$$

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

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

де Δ_0 - водотоннажність порожнього судна, т.

$$\Delta_w = 49564 - 12667 = 36897 \text{ т}$$

Ходовий час визначається за формулою:

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

де V_s - швидкість судна;

S - довжина траси переходу, милі;

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

$$t_x = 3330,0 / (20,0 \cdot 24) + 0,25 = 7,2 \text{ доби}$$

Нормативна тривалість стояночного часу розраховується за формулою:

$$t_{\text{ст}} = \frac{\sum Q_i}{M},$$

де Q_i – кількість контейнерів, шт;

M - валова норма вантажних робіт, шт/добу

$$t_{\text{ст}} = 1247 / 1200 = 1,0 \text{ доби}$$

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 $P_{\text{зап}}^{\text{ст}}$:

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

Кількість ходових запасів складає суму:

$$P_{\text{зап}}^x = P_T^x + P_B^x + P_{\text{см}}^x;$$

де P_T^x , P_B^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 приймемо 10%).

$$P_T^x = q_T^x \cdot t_x \cdot k_{\text{шт}};$$

$$P_B^x = q_B^x \cdot t_x \cdot k_{\text{шт}};$$

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

де q_T^x , q_B^x , $q_{\text{см}}^x$ - добова норма витрати палива, води і мастила на ходу судна відповідно, т/добу.

$$P_T^x = (72 + 3,2) \cdot 7,2 \cdot 1,1 = 595,6 \text{ т}$$

$$P_B^x = 8 \cdot 7,2 \cdot 1,1 = 63,4 \text{ т}$$

$$P_{см}^x = 0,21 \cdot 7,2 \cdot 1,1 = 1,7 \text{ т}$$

$$P_{зап}^x = 595,6 + 63,4 + 1,7 = 660,7 \text{ т}$$

Аналогічно знаходять кількість стояночних запасів:

$$P_{зап}^{ст} = P_T^{ст} + P_B^{ст} + P_{см}^{ст};$$

$$P_T^{ст} = q_T^{ст} \cdot t_{ст};$$

$$P_B^{ст} = q_B^{ст} \cdot t_{ст};$$

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

де $q_T^{ст}$, $q_B^{ст}$, $q_{см}^{ст}$ - добова норма витрати палива, води і мастила на стоянці судна відповідно, т/добу.

$$P_T^{ст} = 3,2 \cdot 1,0 = 3,2 \text{ т}$$

$$P_B^{ст} = 8 \cdot 1,0 = 8,0 \text{ т}$$

$$P_{см}^{ст} = 0,04 \cdot 1,0 = 0,04 \text{ т}$$

$$P_{зап}^{ст} = 3,2 + 8,0 + 0,04 = 11,24 \text{ т}$$

$$P_{зап} = 660,7 + 11,24 = 671,94 \text{ т}$$

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

Запаси палива, мастила і води прийняті трохи більше чим необхідно на рейс.

На відхід на судні було: важкого палива 1411,5 т; дизельного палива 116,5 т; води 160 т; мастила 54,6 т; інших запасів 85,2 т.

$$\text{Усього } P_{зап} = 1827,8 \text{ т}$$

А за рейс буде витрачено моторного палива 518,4 т, дизельного палива 23,0 т, мастила 1,5 т, води 57,6 т.

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

$$\Delta_{ч} = \Delta_W - (P_{зап} + P_{кон});$$

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

$$\Delta_{ч} = 36897 - (1827,8 + 350) = 34719,2 \text{ т}$$

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

3.4 Складання вантажного плану

Перевізник несе відповідальність за неправильне розміщення вантажів на судні. Неправильне чи невдале розміщення вантажів, перевантаження окремих відсіків неминуче приводить до перенапруг корпусу, а в окремих випадках до ушкоджень і навіть аварії судна. Тому судно повинне бути завантажене так, щоб не з'явилося крену, були належний диферент і достатня остійність, не були порушені умови місцевої і загальної міцності. Це досягається відповідним розподілом вагового навантаження по вантажних приміщеннях судна.

Розміщення контейнерів представлено в главі 4 на рис.4.1 і в табл.4.4.

3.5 Характеристика експлуатаційних умов рейсу

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

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

Порт відходу: Роттердам (Нідерланди). Густина води $\rho = 1,000 \text{ т/м}^3$.

Роттердам розташований в гирлі річки Маас і є головним портом європейського контейнерного транспорту. Загальна пропускна здатність вантажу становить приблизно 369000000 тон і 9300000 TEU щорічно. Приблизно 29 500 суден відвідують порт щорічно.

У порту Роттердам діє літня вантажна марка.

Різноманітні верфі та майстерні доступні для інженерних робіт та всіх видів ремонту.

Прісну воду можна отримати на набережній на багатьох причалах та також рейді.

Бункеровка: Усі типи бункерів можуть поставлятися за допомогою барж або екс-берегових установок для танкерів.

Провізія: Доступне постачання через агента або безпосередньо в порту.

Державні свята: День Нового року (1 січня), Пасхальна неділя (6 квітня), Великодній понеділок (7 квітня), День народження Королеви (30 квітня), День національного визволення (5 травня), День Вознесіння (16 травня), Неділя (26 травня), понеділок (27 травня), Різдво (25 грудня) та день боксу (26 грудня).

Час роботи: Офіційний час роботи: Пн-Пт, 09.00-17.00 год.

Порт приходу: Порт Саїд (Єгипет). Густина води $\rho = 1,025 \text{ т/м}^3$.

У порту Порт Саїд діє літня вантажна марка.

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

Бункеровка. Всі сорти бункера доступні. Мінімальна кількість бункера 200 т.

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

Час роботи: протягом 24 годин.

Відстань між портами: $S = 3330$, миль

РОЗДІЛ 4

ОЦІНКА МОРЕХІДНИХ ЯКОСТЕЙ СУДНА

4.1. Розрахунок водотоннажності й координат центра ваги судна

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

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

Таблиця 4.1 – Розподіл запасів на відхід

Найменування цистерн	Місткість, т	Маса, т	Плечі, м		Моменти, тм	
			x	z	M _x	M _z
1	2	3	4	5	6	7
Моторне паливо $\rho = 0,99 \text{ т/м}^3$						
FO Storage Tank P.	420,68	250	57,997	12,414	14499	3104
FO Storage Tank S.	301,05	185	57,982	13,200	10727	2442
FO Storage Tank P.	1079,46	385	-1,192	9,880	-459	3804
FO Storage Tank S.	888,32	320	-1,285	9,921	-411	3175
FO Daily Serv. Tank P.	105,58	96,2	-72,222	16,662	-6948	1603
FO Settling Tank P.	115,51	105,2	-67,500	16,662	-7101	1753
FO Settling Tank P.	77,01	70,1	-63,500	16,662	-4451	1168
Всього моторного палива		1411,5			5856	17049
Дизельне паливо $\rho = 0,85 \text{ т/м}^3$						
DO Storage Tank P.	101,01	35	-85,691	15,872	-2999	556
DO Daily Serv. Tank P.	39,69	29	-78,796	17,011	-2285	493
DO Settling Tank P.	55,46	52,5	-82,298	17,136	-4321	900
Всього дизельного палива		116,5			-9605	1949
Мастило $\rho = 0,90 \text{ т/м}^3$						
LO Storage Tank St.	16,70	6,0	-69,300	16,662	-416	100
LO Storage Tank St.	16,70	6,8	-68,100	16,662	-463	113

Продовження табл.4.1

1	2	3	4	5	6	7
Cyl. LO Stor. Tank St.	16,70	6,5	-66,900	16,662	-435	108
Cyl. LO Stor. Tank St.	16,70	3,7	-65,700	16,662	-243	62
M.E. LO Stor. Tank St.	22,28	9,3	-64,300	16,662	-598	155
M.E. LO Stor. Tank St.	22,28	8,9	-62,700	16,662	-558	148
Sump Oil Tank	34,23	13,4	-70,300	1,363	-942	18
Всього мастила		54,6			-3655	704
Вода $\rho = 1,000 \text{ т/м}^3$						
FW Storage Tank P.	106,06	80	-91,286	15,705	-7303	1256
FW Storage Tank S.	106,06	80	-91,286	15,705	-7303	1256
Всього води		160			-14606	2512
Інші танки						
Recir. Purif. Oil Tank P.	5,77	2,6	-71,123	10,628	-185	28
Purif. Sludge Tank	37,43	7,5	-63,886	10,622	-479	80
Stern Tube Refrig. FW	41,58	37,4	-86,173	3,460	-3223	129
Renovating Oil Tank	32,54	11,1	-68,568	0,548	-761	6
Recovery Oil Tank P.	4,85	1,6	-82,885	1,368	-133	2
Oily Water Tank	44,78	9,0	-79,319	1,508	-714	14
Overflow Tank P.	39,80	8,0	-67,114	1,673	-537	13
Irrecovery Oil Tank St.	20,14	4,6	-69,266	1,724	-319	8
Stuff. Box Oil Tank St.	14,93	3,4	-64,223	1,603	-218	5
Всього		85,2			-6569	285
ВСЬОГО ЗАПАСІВ:		1827,8	-15,64	12,31	-28579	22499

Таблиця 4.2 – Розподіл запасів на прихід

Найменування цистерн	Місткість, т	Маса, т	Плечі, м		Моменти, тм	
			x	z	M _x	M _z
1	2	3	4	5	6	7
Моторне паливо $\rho = 0,99 \text{ т/м}^3$						
FO Storage Tank P.	420,68	150	57,997	12,414	8700	1862
FO Storage Tank S.	301,05	85	57,982	13,200	4928	1122
FO Storage Tank P.	1079,46	216,6	-1,192	9,880	-258	2140
FO Storage Tank S.	888,32	170	-1,285	9,921	-218	1687
FO Daily Serv. Tank P.	105,58	96,2	-72,222	16,662	-6948	1603

Продовження табл.4.2

1	2	3	4	5	6	7
FO Settling Tank P.	115,51	105,2	-67,500	16,662	-7101	1753
FO Settling Tank P.	77,01	70,1	-63,500	16,662	-4451	1168
Всього моторного палива		893,1			-5348	11335
Дизельне паливо $\rho = 0,85 \text{ т/м}^3$						
DO Storage Tank P.	101,01	12	-85,691	15,872	-1028	190
DO Daily Serv. Tank P.	39,69	29	-78,796	17,011	-2285	493
DO Settling Tank P.	55,46	52,5	-82,298	17,136	-4321	900
Всього дизельного топлива		93,5			-7634	1583
Мастило $\rho = 0,90 \text{ т/м}^3$						
LO Storage Tank St.	16,70	6,0	-69,300	16,662	-416	100
LO Storage Tank St.	16,70	6,8	-68,100	16,662	-463	113
Cyl. LO Stor. Tank St.	16,70	6,0	-66,900	16,662	-401	100
Cyl. LO Stor. Tank St.	16,70	3,7	-65,700	16,662	-243	62
M.E. LO Stor. Tank St.	22,28	8,8	-64,300	16,662	-566	147
M.E. LO Stor. Tank St.	22,28	8,4	-62,700	16,662	-527	140
Sump Oil Tank	34,23	13,4	-70,300	1,363	-942	18
Всього мастила		53,1			-3558	680
Вода $\rho = 1,000 \text{ т/м}^3$						
FW Storage Tank P.	106,06	51,2	-91,286	15,705	-4674	804
FW Storage Tank S.	106,06	51,2	-91,286	15,705	-4674	804
Всього води		102,4			-9348	1608
Інші танки						
Recir. Purif. Oil Tank P.	5,77	2,6	-71,123	10,628	-185	28
Purif. Sludge Tank	37,43	7,5	-63,886	10,622	-479	80
Stern Tube Refrig. FW	41,58	37,4	-86,173	3,460	-3223	129
Renovating Oil Tank	32,54	11,1	-68,568	0,548	-761	6
Recovery Oil Tank P.	4,85	1,6	-82,885	1,368	-133	2
Oily Water Tank	44,78	9,0	-79,319	1,508	-714	14
Overflow Tank P.	39,80	8,0	-67,114	1,673	-537	13
Irrecovery Oil Tank St.	20,14	4,6	-69,266	1,724	-319	8
Stuff. Box Oil Tank St.	14,93	3,4	-64,223	1,603	-218	5
Всього		85,2			-6569	285

ВСЬОГО ЗАПАСІВ:	1227,3	-26,45	12,62	-32457	15491
-----------------	--------	--------	-------	--------	-------

Розподіл баласту приведено в табл.4.3.

Таблиця 4.3.– Розподіл баласту

Найменування цистерн	Міст- кість, т	Маса т	Плечі, м		Моменти, тм	
			x	z	M _x	M _z
Wing tank 4 P.	1133,73	349	27,192	3,49	9490	1218
Wing Tank 4 S.	1133,73	351,5	27,193	3,50	9558	1230
Wing tank 5 P.	550,22	165,1	4,408	3,15	728	520
Wing Tank 5 S.	550,22	440,2	4,715	6,51	2076	2866
DB Tank 2 P.	218,54	218,5	40,642	1,035	8880	226
DB Tank 2 S.	218,54	218,5	40,642	1,035	8880	226
DB Tank 3 P.	615,10	615,1	11,197	0,953	6887	586
DB Tank 3 S.	615,10	615,1	11,197	0,953	6887	586
ВСЬОГО БАЛАСТУ		2973	17,96	2,51	53386	7458

Розподіл вантажів представлено в табл.4.4.

Таблиця 4.4– Розподіл вантажу

Бей №	Кількість, од.	Маса, т	Плечі, м		Моменти, тм	
			x	z	M _x	M _z
1	2	3	4	5	6	7
В трюмах						
01	11	179	83,25	16,86	14902	3018
03	18	302	77,12	16,76	23290	5062
05	23	406	69,15	13,22	28075	5367
07	28	505	63,02	12,58	31825	6353
09	42	728	52,95	11,78	38548	8576
11	44	741	46,81	11,32	34686	8388
13	52	813	38,84	10,58	31577	8602
15	53	825	32,71	10,30	26986	8498
17	62	939	24,74	10,14	23231	9521
19	57	887	18,60	9,49	16498	8418
33	60	870	-35,18	9,58	-30607	8335

35	56	855	-41,31	9,97	-35320	8524
37	59	883	-49,28	10,75	-43514	9492

Продовження табл. 4.4

1	2	3	4	5	6	7
39	54	782	-55,42	11,78	-43338	9212
Всього 20'	619	9715	12,03	11,05	116839	107366
22	61	1196	7,57	9,54	9054	11410
26	59	1114	-10,04	9,23	-11185	10282
30	61	1159	-24,14	9,29	-27978	10767
Всього 40'	181	3469	-8,68	9,35	-30109	32459
На палубі						
02	15	182	79,85	26,90	14533	4896
06	33	397	65,75	25,46	26103	10108
10	35	392	49,54	25,26	19420	9902
14	37	352	35,44	25,58	12475	9004
18	32	314	21,34	25,16	6701	7900
22	36	332	7,23	25,48	2400	8459
26	46	451	-10,37	25,51	-4677	11956
30	50	465	-24,48	26,87	-11383	12495
34	47	437	-38,58	26,61	-16859	11629
38	50	469	-52,69	26,69	-24712	12518
42	66	517	-68,60	25,02	-35466	12935
Всього 40'	447	4308	-2,68	25,95	-11465	111802
ВСЬОГО	1247	17492	4,30	14,39	75265	251627

Апліката центру ваги контейнерів визначалася таким чином: рахувався момент кожного ярусу контейнерів відносно основної площини, потім визначався сумарний момент (всіх контейнерів в трюмах і палубі), і потім розраховувалася апліката центру ваги цих контейнерів діленням сумарного моменту на їх масу.

На підставі виконаних розподілів вантажу, баласту і запасів складемо таблицю зведених даних і розрахунку водотоннажності з вказівкою координат центру ваги судна.

Таблиця 4.5 – Зведені дані і розрахунок водотоннажності на відхід

Найменування статей навантаження	На відхід				
	Маса, т	Плечі, м		Моменти, тм	
		х	z	M _x	M _z
Судно порожнє	12677	-15,52	13,40	-196747	169872
Константа	350	19,45	12,29	6808	4302
Суднові запаси	1827,8	-15,64	12,31	-28579	22499
Вантаж	17492	4,30	14,39	75265	251627
Баласт	2973	17,96	2,51	53386	7458
ВСЬОГО ВОДОТОННАЖНІСТЬ	35319,8	-2,54	12,90	-89867	455758

Таблиця 4.6 – Зведені дані і розрахунок водотоннажності на прихід

Найменування статей навантаження	На прихід				
	Маса, т	Плечі, м		Моменти, тм	
		х	z	M _x	M _z
Судно порожнє	12677	-15,52	13,40	-196747	169872
Константа	350	19,45	12,29	6808	4302
Суднові запаси	1227,3	-26,45	12,62	-32457	15491
Вантаж	17492	4,30	14,39	75265	251627
Баласт	2973	17,96	2,51	53386	7458
ВСЬОГО ВОДОТОННАЖНІСТЬ	34719,3	-2,70	12,93	-93745,0	448750,0

Схематично розподіл вантажу представлено на бей-плані (рис.4.1).

4.2. Розрахунки посадки і початкової остійності

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

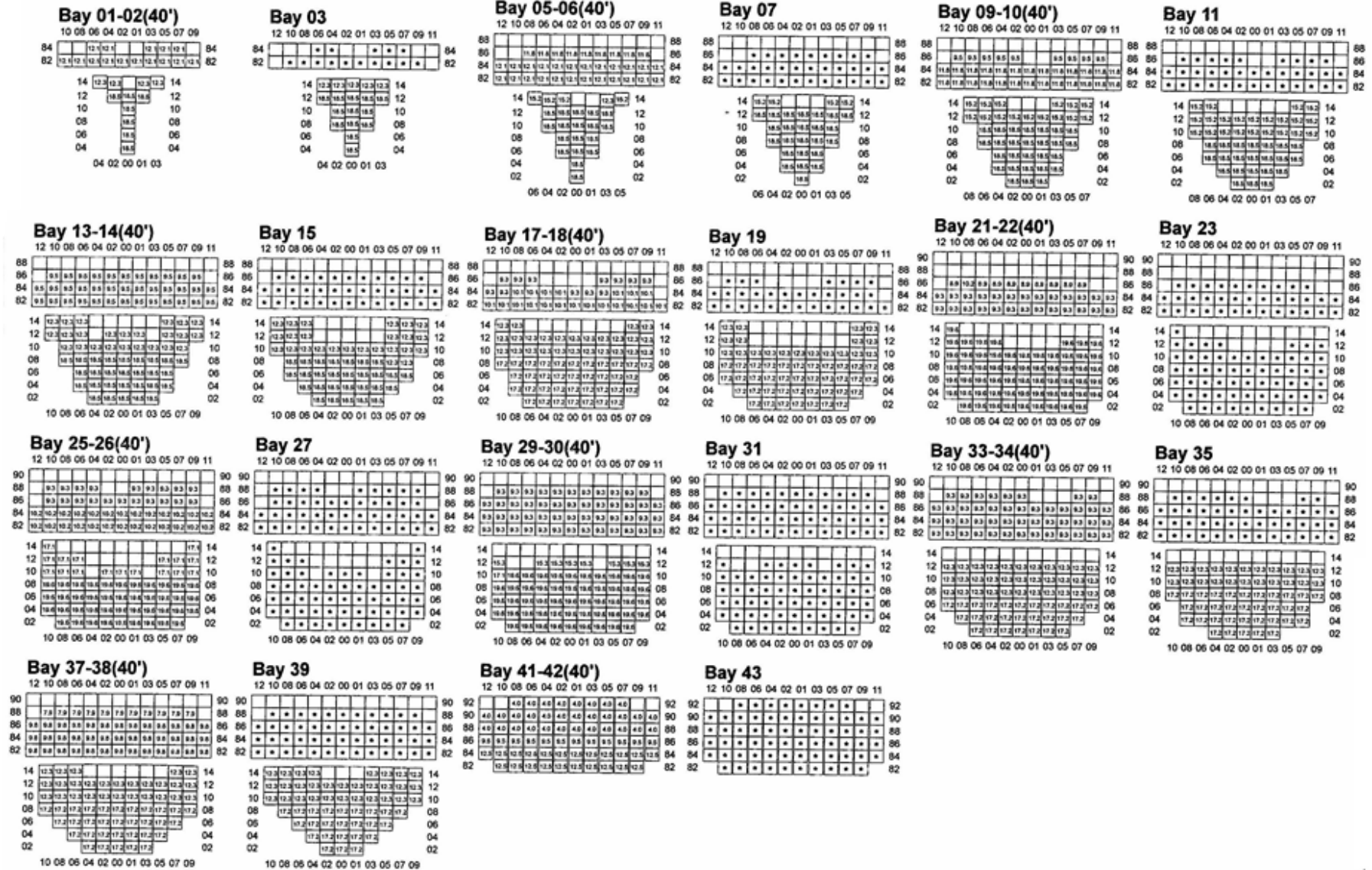


Рисунок 4.1 – Бей-план

Таблиця 4.7 – Розрахунок посадки судна на відхід і на прихід

Найменування величин	Позначення та формули	Значення величин	
		Відхід	Прихід
Водотоннажність масова, т	D	35319,8	34719,3
Абсциса центра ваги судна, м	x_g	-2,54	-2,70
Водотоннажність об'ємна, м ³	$V = D / \rho$	35320	33872
Густина води, т/м ³	ρ	1,000	1,025
Осадка судна, м	T	9,81	9,49
Момент диферентуючий на 1 см, тм/см	M_{cm}	461,5	447,1
Абсциса центра плавучості судна, м	x_c	-1,89	-1,82
Абсциса Ц.В. площі ватерлінії, м	x_f	-4,28	-3,82
Апліката поперечного метацентра, м	z_m	13,91	13,93
Коефіцієнт загальної повноти	δ	0,585	0,58
Диферент судна, м	$d = D(x_g - x_c) / (100M_{cm})$	-0,50	-0,68
Осадка судна носом, м	$T_n = T + (L/2 - x_f) d/L$	9,55	9,14
Осадка судна кормою, м	$T_k = T_n - d$	10,05	9,82

Для виконання розрахунків та контролю остійності судна необхідно визначити поправки на вплив вільної поверхні рідких вантажів (запасів і баласту) до метацентричної висоти і плечам статичної остійності. При визначенні виправлення на вільні поверхні в розрахунок приймаються цистерни запасів з найбільшим виправленням Δm_h незалежно від ступеня їхнього заповнення. Поправочні моменти Δm_h вибираються з таблиці даних по судових цистернах, що приводиться в Інформації.

Таблиця 4.8 - Поправки на вплив вільної поверхні рідких вантажів

Найменування цистерн	Δm_h , тм
1	2
FO Storage Tank P.	559
FO Storage Tank S.	299
FO Storage Tank P.	1486
FO Storage Tank S.	857

FO Settling Tank P.	132
FW Storage Tank P.	91

Продовження табл. 4.8

1	2
FW Storage Tank S.	91
Wing tank 4 P.	543
Wing Tank 4 S.	543
Wing tank 5 P.	108
Wing Tank 5 S.	108
Сума: $\Sigma \Delta m_h$	4817

Розрахунок параметрів початкової остійності виконаний в табл.4.9.

Таблиця 4.9 – Розрахунок параметрів початкової остійності

Найменування величин	Позначення та формули	Значення величин	
		Відхід	Прихід
Водотоннажність масова, т	D	35319,8	34719,3
Невиправлена апліката центра ваги судна, м	z_{g0}	12,90	12,93
Апліката поперечного метацентра, м	z_m	13,91	13,93
Невиправлена метацентрична висота, м	$h_0 = z_m - z_{g0}$	1,01	1,00
Виправлення на вільні поверхні, м	$\Delta h = \Sigma \Delta m_h / D$	0,14	0,14
Виправлена апліката центра ваги судна, м	$z_g = z_{g0} + \Delta h$	13,04	13,07
Виправлена метацентрична висота, м	$h = h_0 - \Delta h$	0,87	0,86

4.3 Контроль остійності за матеріалами Інформації

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

Таблиця 4.10– Перевірка остійності по критичній аплікаті центра ваги судна

Найменування величин	Позначення та формули	Значення величин	
		Відхід	Прихід
Водотоннажність масова, т	D	35319,8	34719,3
Виправлена апліката центра ваги судна, м	z_g	13,04	13,07
Максимальна гранична апліката центра ваги судна, м	$z_g^{\max}$	13,57	13,59

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

4.4 Розрахунок і побудова діаграм остійності

Плечі статичної остійності розраховані з використанням таблиці плечей остійності форми (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, то 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.

Таблиця 4.11 – Розрахунок плечей статичної остійності на відхід

Водотоннажність D, т							35319,80	
Апліката центра ваги судна z_{g0} , м							12,90	
Апліката умовного центра мас z_m , м (полюс – точка «O»)							0,00	
Виправлена апліката центра ваги судна, $z_g = z_{g0} + \Delta h$, м							13,04	
$\Delta\theta = 0,1745 \approx 10^\circ/57,3$								
Кут крену θ°	Плеche форми, l_ϕ , м	$\sin \theta^\circ$	$z_g \cdot \sin \theta^\circ$	Плеche статичної остійності $l = l_\phi - z_g \cdot \sin \theta^\circ$, м	Множ-ник	Добу-ток	Множ-ник	Добуток
0	0,00	0,000	0,000	0,000	1	0,000	1	0,000
10	2,438	0,174	2,269	0,169	4	0,676	3	0,507
20	4,933	0,342	4,460	0,473	2	0,946	3	1,419
30	7,489	0,500	6,520	0,969	4	3,876	1	0,969
40	9,837	0,643	8,385	1,452	1	1,452	Σ_{30}	2,895
50	11,499	0,766	9,989	1,510	Σ_{40}	6,950	$a_{0-30} =$	
60	12,481	0,866	11,293	1,188	$a_{0-40} =$			

					$0,1745 \times 6,95 / 3 = 0,404$	$3 \times 0,1745 \times 2,895 / 8 = 0,189$
					$a_{30-40} = 0,404 - 0,189 = 0,215$	

Таблиця 4.12 – Розрахунок плечей статичної остійності на прихід

Водотоннажність D, т							34719,30	
Апліката центра ваги судна z_{g0} , м							12,93	
Апліката умовного центра мас z_m , м (поліус – точка «O»)							0,00	
Виправлена апліката центра ваги судна, $z_g = z_{g0} + \Delta h$, м							13,07	
$\Delta\theta = 0,1745 \approx 10^\circ/57,3$								
Кут крену θ°	Плеche форми, l_ϕ , м	$\sin \theta^\circ$	$z_g \cdot \sin \theta^\circ$	Плеche статичної остійності $l = l_\phi - z_g \cdot \sin \theta^\circ$, м	Множ-ник	Добу-ток	Множ-ник	Добуток
0	0,00	0,000	0,000	0,000	1	0,000	1	0,000
10	2,445	0,174	2,274	0,171	4	0,684	3	0,513
20	4,947	0,342	4,470	0,477	2	0,954	3	1,431
30	7,507	0,500	6,535	0,972	4	3,888	1	0,972
40	9,862	0,643	8,404	1,458	1	1,458	$\sum_{30}$	2,916
50	11,528	0,766	10,012	1,516	$\sum_{40}$	6,984	$a_{0-30} = 3 \times 0,1745 \times 2,916 / 8 = 0,191$	
60	12,548	0,866	11,319	1,229	$a_{0-40} = 0,1745 \times 6,984 / 3 = 0,406$			
					$a_{30-40} = 0,406 - 0,191 = 0,215$			

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

4.5 Розрахунки нормованих параметрів остійності

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

Розрахунок нормованих параметрів остійності виконаний у табл. 4.13.

Таблиця 4.13 – Розрахунок нормованих параметрів остійності

Найменування величин	Позначення та формули	Значення величин	
		Відхід	Прихід

1	2	3	4
Водотоннажність масова, т	D	35319,8	34719,3

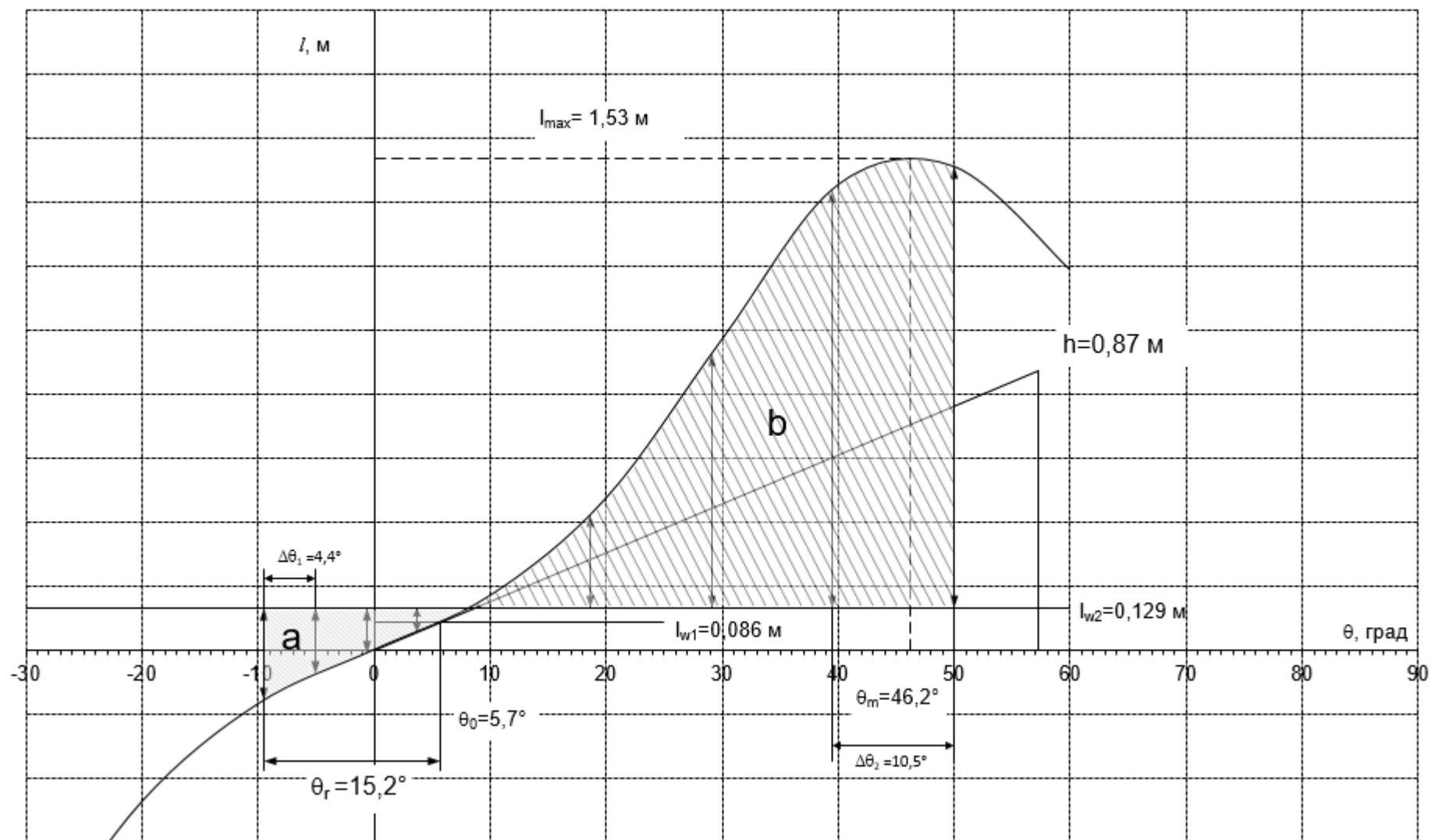


Рисунок 4.2 - Діаграма статичної остійності на відхід і визначення критерію погоди

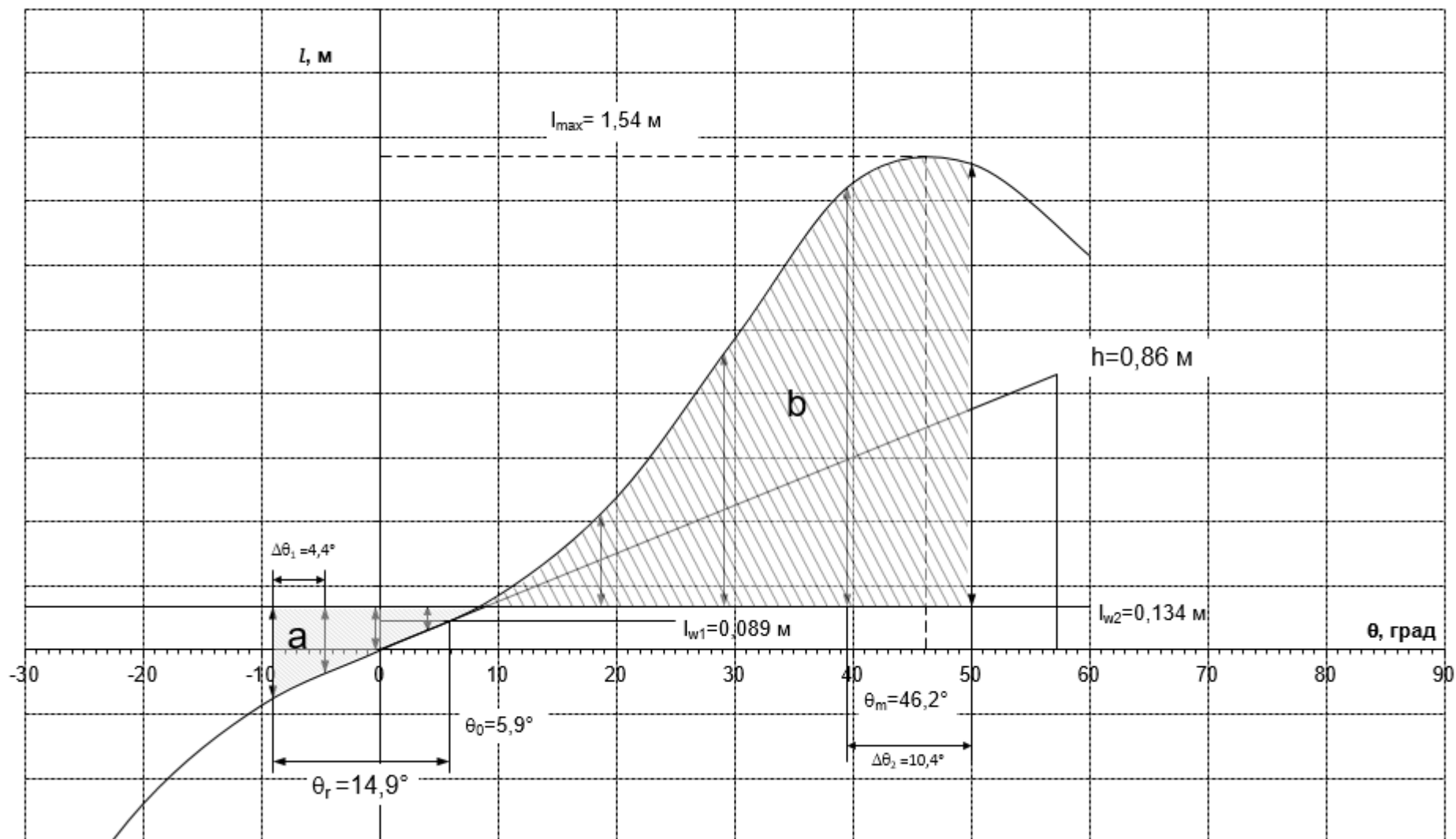


Рисунок 4.3 - Діаграма статичної остійності на прихід і визначення критерію погоди

Продовження табл.4.13

1	2	3	4
Осадка судна, м	T	9,81	9,49
Виправлена метацентрична висота, м	h	0,87	0,86
Площа парусності, м ²	A _v	3889	3951
Апліката центра парусності (ЦП), м	z	10,23	10,39
Плече парусності при постійному вітрі, м	$z_v = z + T/2$	15,14	15,14
Плече кренувального моменту від тиску вітру, м	$l_{w1}=0,353 A_v z_v / (g D)$	0,086	0,089
Кренувальне плече від пориву вітру, м	$l_{w2} = 1,5 l_{w1}$	0,129	0,134
Відносна площа скулових кілей,%	$100 A_k / (L B)$	0,943	
Коефіцієнт	k	0,981	
Відносна ширина	B/T	3,28	3,39
Безрозмірний множник	X ₁	0,844	0,822
Коефіцієнт загальної повноти	δ	0,585	0,580
Безрозмірний множник	X ₂	0,932	0,926
Інерційний коефіцієнт	$c=0,373+0,023B/T-0,043L/100$	0,366	0,369
Період хитавиці, с	$T_\theta = 2 c B / \sqrt{h}$	25,3	25,6
Коефіцієнт	S	0,0350	0,0350
Коефіцієнт	$r = 0,73 + 0,6 (z_g - T) / T$	0,928	0,956
Амплітуда хитавиці, °	$\theta_r = 109 k X_1 X_2 \sqrt{r S}$	15,2	14,9
Кут заливання, °	θ _f	>50	>50
Кут входу палуби у воду, °	$\theta_d = \arctg(2(H - T) / B)$	30,8	31,6
Кут крену від постійного вітру, °	θ ₀	5,7	5,9
Кут крену при хитавиці назустріч вітру, °	$\theta_1 = \theta_r - \theta_0$	9,5	9,0
Границя площ.“b” діаграми праворуч, °	θ _b	50,0	50,0
Площа “a” діаграми, м-рад	a	0,043	0,042
Площа “b” діаграми, м-рад	b	0,571	0,569
Критерій погоди	$K = b / a$	13,28	13,55

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

$\Delta\theta_1 = (\theta_1 + 1,5\theta_0)/4 = (9,5 + 1,5 \cdot 5,7)/4 = 4,53^\circ$			$\Delta\theta_1^{\text{рад}} = 4,53/57,3 = 0,0790$ рад		
$\Delta\theta_2 = (\theta_b - 1,5\theta_0)/4 = (50 - 1,5 \cdot 5,7)/4 = 10,38^\circ$			$\Delta\theta_2^{\text{рад}} = 10,38/57,3 = 0,1811$ рад		
a_i	k_i	$a_i \cdot k_i$	b_i	k_i	$b_i \cdot k_i$
$a_1 = 0,288$	1	0,288	$b_1 = 0$	1	0
$a_2 = 0,207$	4	0,828	$b_2 = 0,291$	4	1,164
$a_3 = 0,139$	2	0,278	$b_3 = 0,794$	2	1,588
$a_4 = 0,071$	4	0,284	$b_4 = 1,309$	4	5,236
$a_5 = 0$	1	0	$b_5 = 1,381$	1	1,381
		$\Sigma_a = 1,678$			$\Sigma_b = 9,369$
$a = \frac{1}{3} \Sigma_a \cdot \Delta\theta_1^{\text{рад}} = \frac{1}{3} 1,678 \times 0,0790 = 0,043$			$b = \frac{1}{3} \Sigma_b \cdot \Delta\theta_2^{\text{рад}} = \frac{1}{3} 9,369 \times 0,1811 = 0,571$		

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

$\Delta\theta_1 = (\theta_1 + 1,5\theta_0)/4 = (9,0 + 1,5 \cdot 5,9)/4 = 4,48^\circ$			$\Delta\theta_1^{\text{рад}} = 4,48/57,3 = 0,0781$ рад		
$\Delta\theta_2 = (\theta_b - 1,5\theta_0)/4 = (50 - 1,5 \cdot 5,9)/4 = 10,30^\circ$			$\Delta\theta_2^{\text{рад}} = 10,30/57,3 = 0,1798$ рад		
a_i	k_i	$a_i \cdot k_i$	b_i	k_i	$b_i \cdot k_i$
$a_1 = 0,283$	1	0,283	$b_1 = 0$	1	0
$a_2 = 0,207$	4	0,828	$b_2 = 0,294$	4	1,176
$a_3 = 0,139$	2	0,278	$b_3 = 0,796$	2	1,592
$a_4 = 0,072$	4	0,288	$b_4 = 1,310$	4	5,240
$a_5 = 0$	1	0	$b_5 = 1,382$	1	1,382
		$\Sigma_a = 1,677$			$\Sigma_b = 9,390$
$a = \frac{1}{3} \Sigma_a \cdot \Delta\theta_1^{\text{рад}} = \frac{1}{3} 1,677 \times 0,0781 = 0,042$			$b = \frac{1}{3} \Sigma_b \cdot \Delta\theta_2^{\text{рад}} = \frac{1}{3} 9,390 \times 0,1798 = 0,569$		

4.6 Перевірка виконання рекомендованих ІМО критеріїв остійності

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

Таблиця 4.16 – Перевірка виконання рекомендацій ІМО

Найменування величин	Позна- чення	Значення величин			Викон. (YES/NO)
		норма- тивні	відхід	прихід	
Загальні вимоги:					
Площа під ДСО до кута крену 30 ⁰ , м·рад	A ₃₀	≥ 0,055	0,189	0,191	YES
Площа під ДСО до кута крену 40 ⁰ , м·рад	A ₄₀	≥ 0,09	0,404	0,406	YES
Площа під ДСО між 30 ° і 40 °, м рад	A ₃₀₋₄₀	≥ 0,03	0,215	0,215	YES
Плече ДСО при куті крену 30° або більше, м	l ₃₀	≥ 0,20	0,969	0,972	YES
Кут крену, що відповідає максимуму ДСО, °	θ _m	≥ 25	46,2	46,2	YES
Виправлена метацентрична висота, м	h	> 0,15	0,87	0,86	YES
Критерій погоди	K	≥ 1	13,28	13,55	YES
Кут крену від постійного вітру, °	θ ₀	≤ 16	5,7	5,9	YES

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

4.7 Перевірка загальної подовжньої міцності корпусу

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

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

Розрахунок міцності виконаємо використовуючи судову програму ANKO – Marine Load Planner, схвалену класифікаційним товариством.

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

Таблиця 4.16. – Перевірка подовжньої міцності на відхід

Пере- різ	X, м	SF, т	SFsea, %	Доп.SF, т	BM, тм	BMsea, %	Доп.BM, тм
28	20,80	2051	35	5846	21221	29	71978
48	36,80	2490	43	5846	59516	65	91886
66	50,90	2309	39	5984	96032	60	160031
84	65,01	1498	24	6249	124422	70	178466
100	77,71	12	0	6325	134283	68	197146
118	91,81	-1949	31	-6300	120122	60	199179
125	96,71	-1839	29	-6300	110825	56	198124
141	109,42	-2223	35	-6346	84902	52	163991
161	124,92	-2106	36	-5846	51429	43	119531
177	137,62	-1506	52	-2890	28433	29	98099
195	151,72	-1020	36	-2803	9503	14	69154
200	155,22	-774	30	-2604	6386	9	69154
218	169,32	-296	10	-2961	-758	2	-43119
234	183,61	35	1	2635	-2123	8	-25280

Максимальна перерізуюча сила 2490 т на 43 шпангоуті.

Максимальний згинальний момент 134283 тм на 68 шпангоуті.

На рис.4.4. представлена епюра міцності на відхід.

Протягом всього рейсу загальна подовжня міцність забезпечена.

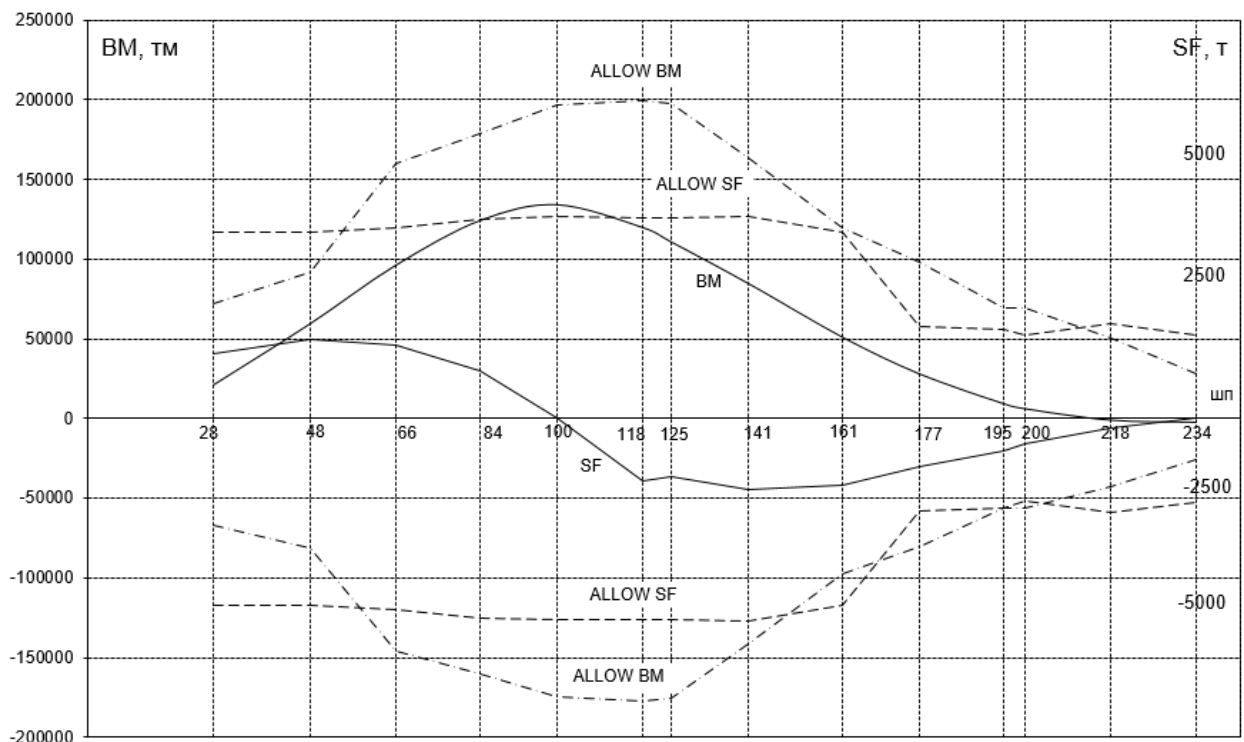


Рисунок 4.4. Контроль міцності на відхід

РОЗДІЛ 5

ЗАСОБИ ТА МЕТОДИ ЗНИЖЕННЯ ПАРАМЕТРИЧНОЇ ХИТАВИЦІ НА КОНТЕЙНЕРНИХ СУДНАХ У ШТОРМОВИХ УМОВАХ

5.1 Вступ. Визначення та актуальність проблеми

Параметрична хитавиця (параметричне кочення) — це явище, яке виникає внаслідок динамічної нестабільності руху судна, особливо при русі на зустрічному або попутному хвилюванні. Це типове явище для суден із значним розвалом бортів у носовій та кормовій частинах, що характерно для великотоннажних контейнеровозів (наприклад, типу C11 [25]). Такі судна спроектовані з розширеними частинами для максимального збільшення вантажопідйомності.

Наявність западини та гребня хвилі посередині призводить до відповідного збільшення та зменшення стійкості. Ця зміна стабільності запускає параметричну хитавицю (рис.5. 1). Чим більша варіація в стійкості з рухом гребня хвилі посередині та спаду хвилі посередині, тим більша амплітуда крену.

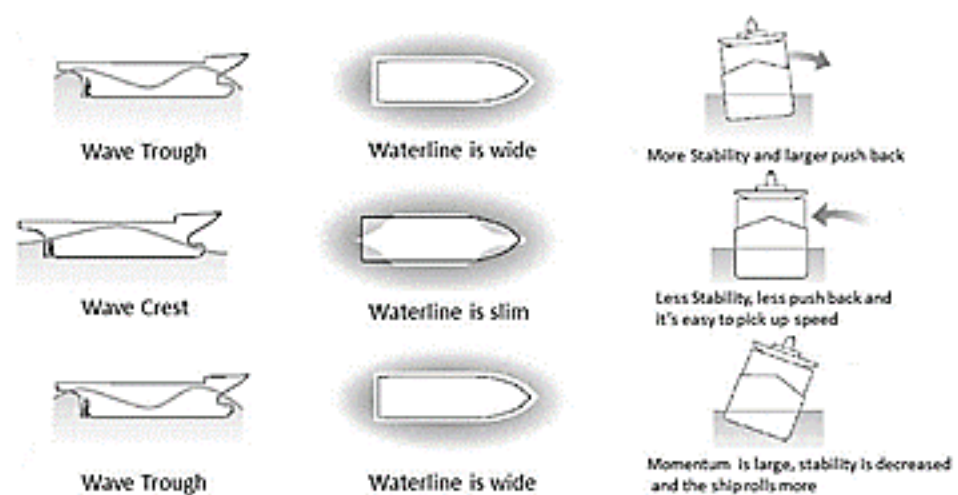


Рисунок 5.1 - Причини виникнення параметричної хитавиці

Інцидент APL China, який стався в жовтні 1998 року, спричинив пошкодження 1000 контейнерів і 406 контейнерів, які вилетіли за борт і втратили близько 100 мільйонів доларів, через параметричне креніння судна через тайфун Бабс [27]. Збільшення кількості аварій контейнеровозних суден типу C11 навіть проклало шлях до перегляду Кодексу остійності непошкоджених суден ІМО та Керівництва для капітана щодо уникнення небезпечних ситуацій за несприятливих погодних умов і умов моря.

Розвиток параметричного крену є результатом природного періоду крену судна, який збігається з подвійним періодом зустрічної хвилі, довжина хвилі стає рівною довжині судна та недостатнє демпфування крену. Коливальний рух, який зростає до великої амплітуди через кілька циклів через невеликі початкові збурення, називається параметричним резонансом. Резонанс виникає через те, що період зустрічної хвилі збігається з природним періодом крену судна, і зрештою спричиняє перекидання судна [30]. Якщо втрата енергії через демпфування крену перевищує енергію, отриману внаслідок зміни стабільності поздовжніх хвиль, збільшення кута крену не відбуватиметься, і параметричний резонанс крену не розвиватиметься. Швидкість судна та напрямок курсу є двома факторами, що впливають на період зустрічної хвилі. Контролюючи або спричиняючи певну зміну цих факторів, можна зменшити надмірний крен і запобігти резонансу.

Параметрична хитавиця призводить до втрати остійності, зміщення вантажу, збільшення структурної напруги, впливу на навколишнє середовище, фінансових втрат, раптового перекочування до 40 градусів, що спричиняє перебої у виконуваних операціях та створює незручні та небезпечні умови для екіпажу та навіть перекидання судна в найгірший випадок (рис. 5.2).

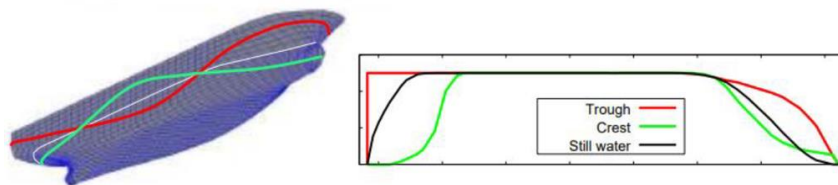


Рисунок 5.2 - Зона водної площини в западині та гребені хвилі

5.2 Механізм виникнення параметричної хитавиці

Період природної хитавиці судна вдвічі довший за період зустрічної хвилі (рис. 5.3). Період природної хитавиці судна означає час, потрібний для того, щоб судно здійснило одне повне коливання (або крен) з одного борту на інший і назад у вихідне положення, коли воно зазнає збурень. Період зустрічної хвилі - це проміжок часу між послідовними вершинами хвилі, що проходять фіксовану точку на поверхні моря. Умова резонансу для параметричного кочення виникає, коли природний період кочення судна приблизно вдвічі перевищує період хвилі, що зустрічається. Коли ця умова виконується, періодичні коливання хвильової картини метацентричної висоти відповідають рухові кочення судна [32]. Ця синхронізація призводить до збільшення кута крену судна з часом. Судно в основному отримує енергію від хвиль, що призводить до дедалі більших кренів.

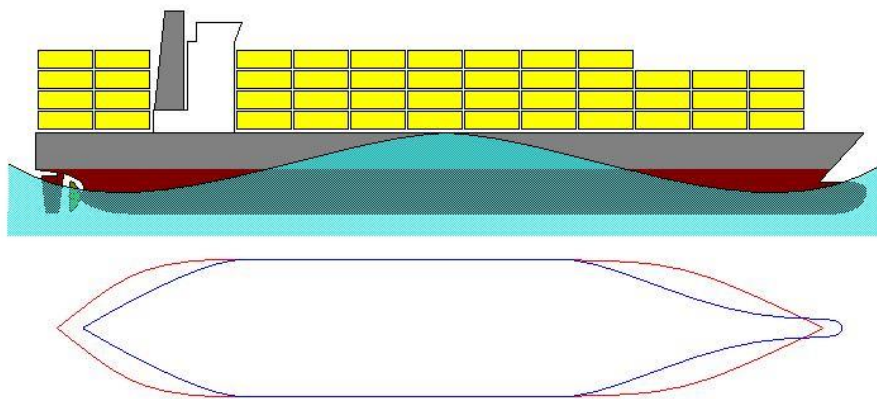


Рисунок 5.3 - Період природної хитавиці

Довжина зустрічної хвилі майже дорівнює довжині корабля. Довжина хвилі – це відстань між двома послідовними вершинами хвилі (або спадами). Коли довжина хвилі приблизно дорівнює довжині судна, це означає, що відстань між послідовними вершинами хвилі подібна відстані від носа судна до його корми. Коли довжина хвилі збігається з довжиною судна, умова резонансу задовольняється. Це вирівнювання викликає резонанс, який може призвести до параметричної хитавиці [33].

Демпфування крену судна недостатнє для розсіювання параметричної енергії крену. Здатність судна чинити опір і гасити рухи крену у відповідь на зовнішні фактори, такі як дія хвиль, називається амортизацією крену (рис. 5.4). Це важливо для стабілізації судна та розсіювання енергії, яка спричиняє рух. Коли судно хитається, воно переходить від стабільної конфігурації до нестабільної через ці періодичні зміни GM . Цей цикл нестабільності та стабільності призводить до збільшення кутів кочення з часом, що призводить до значного накопичення енергії. Коли демпфування крену недостатнє для протидії накопиченню енергії, це може призвести до параметричної хитавиці [34].

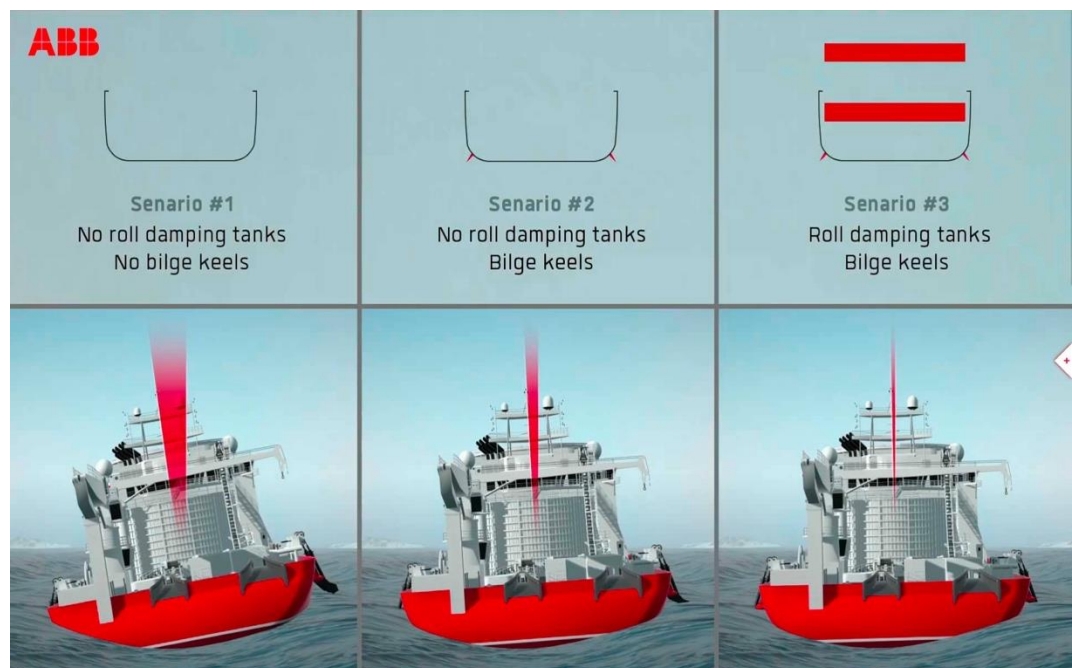


Рисунок 5.4 - Демпфування крену судна

5.2.1. Взаємозв'язок форми корпусу та остійності на хвилюванні

Найбільшим недоліком параметричної хитавиці є втрата контейнера. Це явище найбільше впливає на контейнеровози. У період з 2008 по 2016 роки в середньому 568 контейнерів на рік було втрачено без катастрофічних подій, тоді як 1582 контейнери були втрачені через катастрофічні події.[27] Це пов'язано з погодними умовами та параметричним прокатом. Втрати

контейнерів можуть виникати в результаті параметричної хитавиці, сильних хвиль, перекочувань і кидань, а також повторного розбивання (рис. 5.5). Вібрація корпусу може бути в широкому діапазоні через сильний кив. Втрати контейнерів можуть статися, якщо контейнери не закріплені належним чином і не закріплені. Завдяки конструкції корпусу із значним розширенням корпусу, пласкою транцевою кормою та центральною частиною зі стінками, великі контейнеровози переважно чутливі до параметричної хитавиці [25]. Оскільки підводна геометрія корпусу постійно змінюється, остійність корабля буде різною.



Рисунок 5.5 - Втрата контейнерів на судні APL China

Несприятливі комбінації періоду крену, швидкості судна, напрямку та умов хвилювання можуть спричинити несподівані та дуже швидкі збільшення рухів крену, потенційно призводячи до надмірного навантаження на системи кріплення контейнерів і, у найгіршому випадку, до втрат контейнерів. У балкових морях синхронне кочення відбувається, коли період бочки судна дорівнює періоду хвилі. Судно нахиляється зі збільшенням кутів крену.

Механізм параметричної хитавиці пов'язаний із періодичною зміною остійності судна внаслідок проходження хвилі:

1. Коли западина хвилі розташовується на міделі, значний розвал бортів призводить до збільшення ширини ватерлінії, що, своєю чергою, підвищує поперечну остійність судна.

2. Коли ж на міделі знаходиться гребінь хвилі, ефективна ширина ватерлінії зменшується, і остійність судна стає нижчою, ніж у спокійній воді.

5.2.2 Динамічна нестабільність та ініціювання кочення

Ця періодична зміна остійності ініціює параметричну хитавицю. Чим більша варіація (різниця) остійності між станом "гребінь на міделі" і "западина на міделі", тим більша амплітуда крену.

Модель контейнеровоза типу C11, змодельована в Maxsurf, показана на рис. 6 разом із його ватерлініями, сідницями та станціями. Основні відомості про змодельовану посудину наведено в таблиці 1 [26].

Таблиця 5.1 - Основні характеристики контейнеровоза типу C11

Довжина між перпендикулярами	262 м
Висота головної палуби	24,4 м
Ширина	40 м
Водотоннажність по розрахунковій ватерлінії	76056 т
Коефіцієнт блоку	0,66
Осадка	12,34 м
Поперечна метацентрична висота	1,97 м
Період параметричної хитавиці	22,78 с
Максимальна швидкість	20 вуз

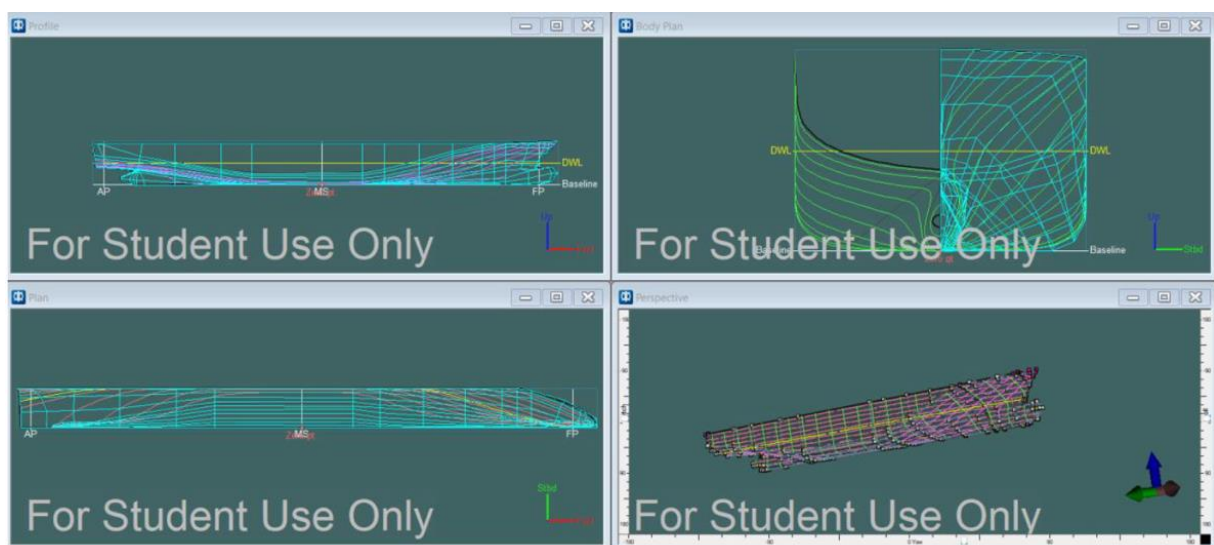


Рисунок 5.6 - Модель контейнеровоза типу C11

5.3 Фактори впливу та методи моделювання

Параметрична хитавиця є складним і небезпечним явищем, яке загрожує безпеці та остійності суден. Встановлено, що основною причиною параметричного кочення є взаємодія між хвилями та геометричною формою корпусу судна.

Ключові параметри, що впливають на ймовірність виникнення:

- Характеристики хвиль: довжина та амплітуда хвилі.
- Характеристики судна: довжина, ширина та осадка.

Для чисельного опису (моделювання) кочення судна (з демпфуванням і без нього) використовується рівняння Матьє.

Динамічний обертовий рух судна в носі або на хвилі можна порівняти з рухом пружинно-масової системи, в якій постійна пружини коливається синусоїдально з часом (рис. 5.7).

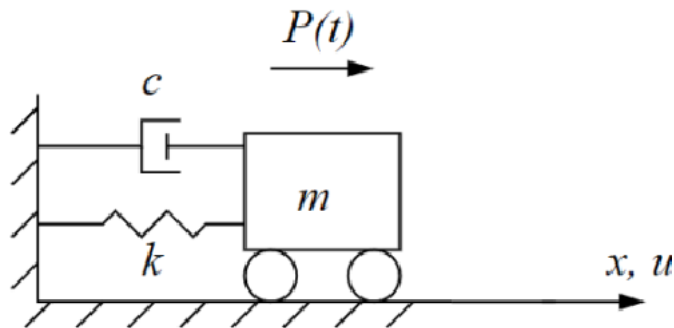


Рисунок 5.7 - Ресорно-масова система з демпфуванням

Коли судно рухається, його змінна в часі GM , яка порівнюється з постійною пружини k , може бути представлена синусоїдальною функцією часу, наданою рівнянням [27].

$$GM(t) = GM_0(1 + C \cos \omega t), \quad (5.1)$$

де GM_0 – у прісній воді;

C – дробова варіація GM;

ω – кутова частота зсуву.

$$\frac{d^2\phi}{dT^2} + 2\zeta\sqrt{\delta}\frac{d\phi}{dT} + (\delta + \varepsilon \cos T)\phi = 0, \quad (5.2)$$

де ϕ – кут при каченні;

ζ – коефіцієнт демпфування.

$$\delta = \omega_n^2 / \omega^2, \quad (5.3)$$

де ω_n^2 - власна кутова частота крену;

Написане вище диференціальне рівняння другого порядку є рівнянням Мат'є із затуханням, де постійна пружини змінюється синусоїдально.

Для формування розв'язку рівняння Мат'є із затуханням вводяться дві невідомі $y_1(T) = \phi(T)$, $y_2(T) = \dot{\phi}(T)$.

$$y_1(\dot{T}) = y_2(T), \quad (5.4)$$

$$\dot{y}_2(T) = -2\zeta\sqrt{\delta}y_2(T) - (\delta + \varepsilon \cos T)y_1(T). \quad (5.5)$$

Необхідно знати коефіцієнти в цих диференціальних рівняннях, а також початкові умови для невідомих функцій $y_1(T)$ та $y_2(T)$.

Рішення рівняння Мат'є без демпфування крену буває двох типів, обмежене та необмежене. Комбінація параметрів δ and ε і визначає тип рішення.

5.3.1. Обмежений розв'язок

Цей тип розв'язку також називають стабільною розв'язкою [26]. Для певних значень δ and ε амплітуда руху крену залишається в межах певних інтервалів (рис. 5.8).

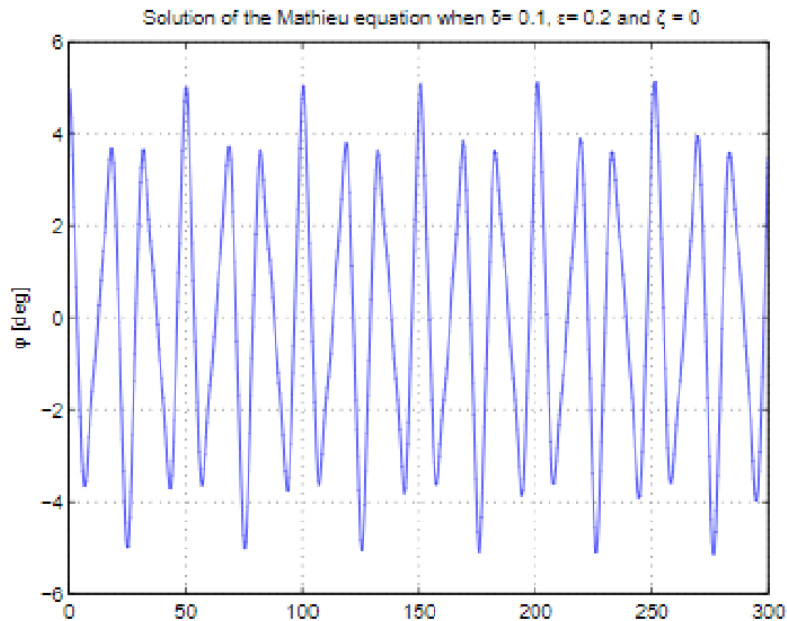


Рисунок 5.8 - Обмежений розв'язок без згасання

5.3.2. Необмежений розв'язок

Цей тип розв'язку називається нестабільним розв'язком. Для певних значень δ and ε амплітуда руху крену не залишається в межах певних інтервалів, а продовжує зростати та стає більше ніж на 30 градусів лише через кілька циклів (рис. 5.9).

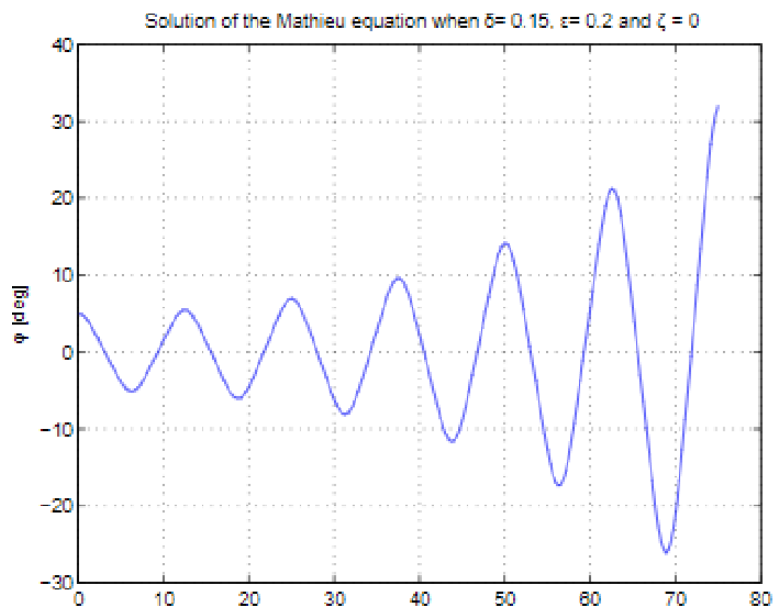


Рисунок 5.9 - Необмежений розв'язок без згасання

Тепер розглядається вплив демпфування крену на ці обмежені та необмежені рішення.

5.3.3. Обмежений розв'язок

Коли включено демпфування крену, амплітуда руху крену зменшується з часом і запобігає розвитку параметричного крену (рис. 5.10).

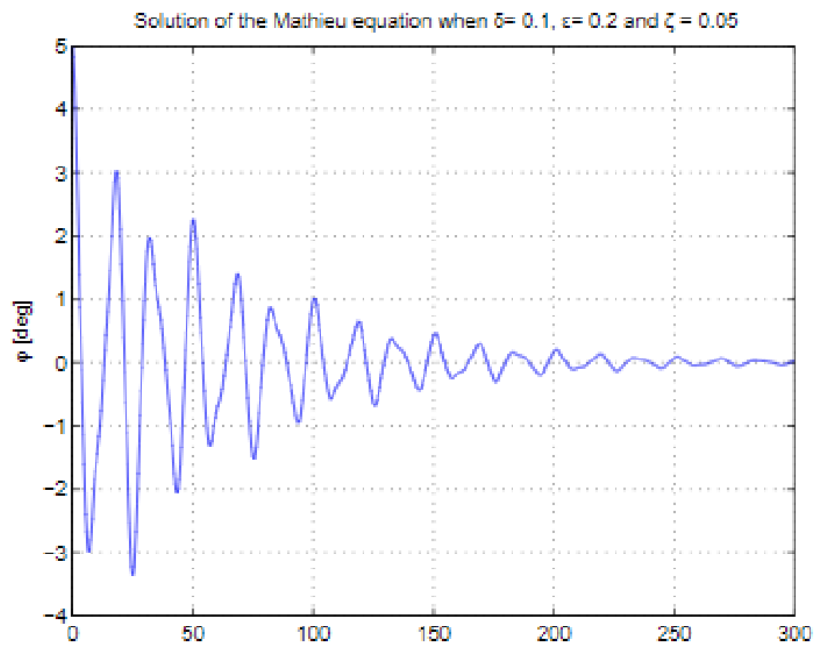


Рисунок 5.10 - Обмежений розв'язок із затуханням

5.3.4. Необмежений розв'язок

У цьому випадку для кожного набору параметрів δ and ε існує перехідне значення для демпфування крену.

Якщо демпфування крену менше перехідного значення, рух крену є необмеженим, амплітуда руху крену збільшується з часом, і розвивається параметричний резонанс крену (рис. 5.11).

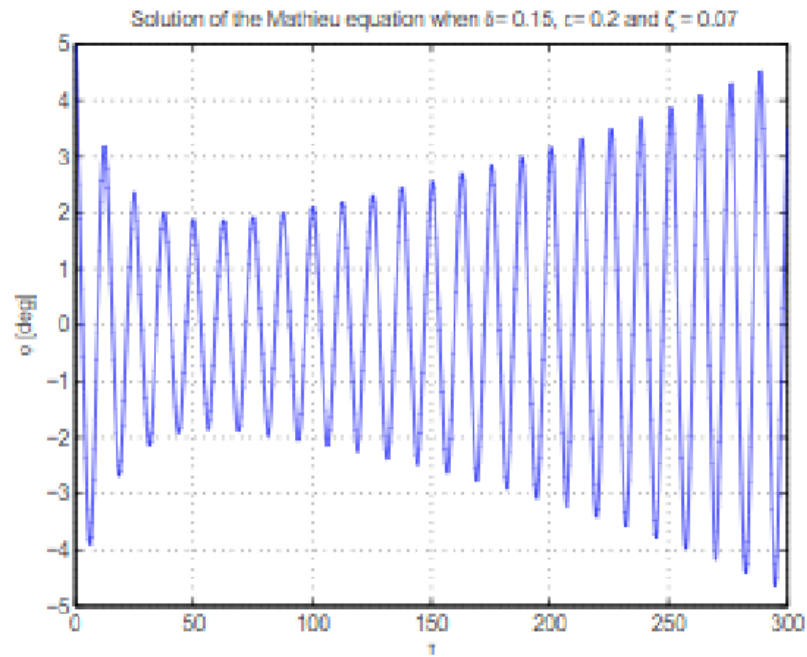


Рисунок 5.11 - Демпфування крену менше перехідного значення

Якщо демпфування крену майже дорівнює перехідному значенню, амплітуда руху крену спочатку зменшиться, щоб бути постійною при заданому куті (рис. 5.12).

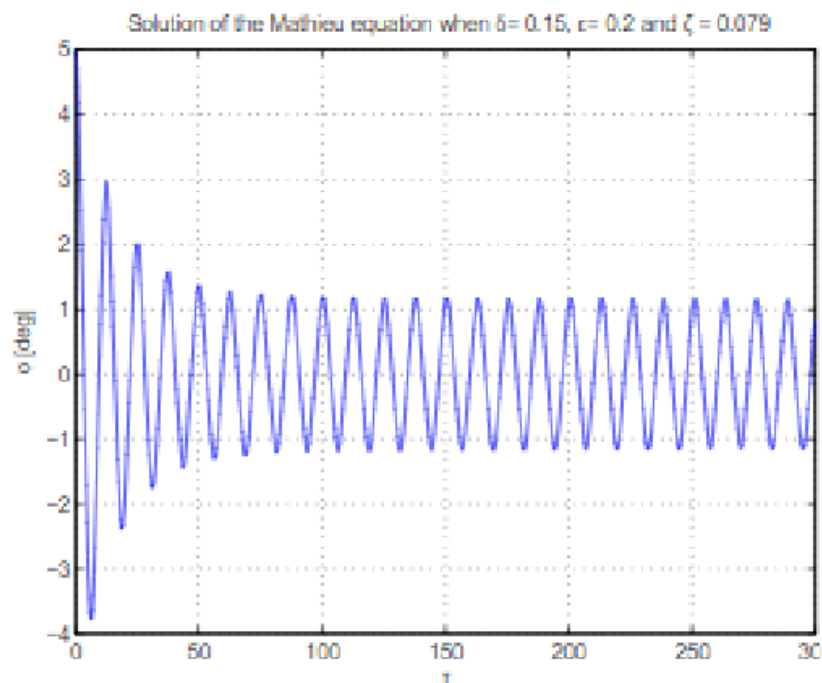


Рисунок 5.12 - Демпфування крену дорівнює перехідному значенню

Якщо демпфування крену більше перехідного значення, амплітуда руху крену зменшується, перешкоджаючи розвитку параметричного резонансу крену (рис. 5.13).

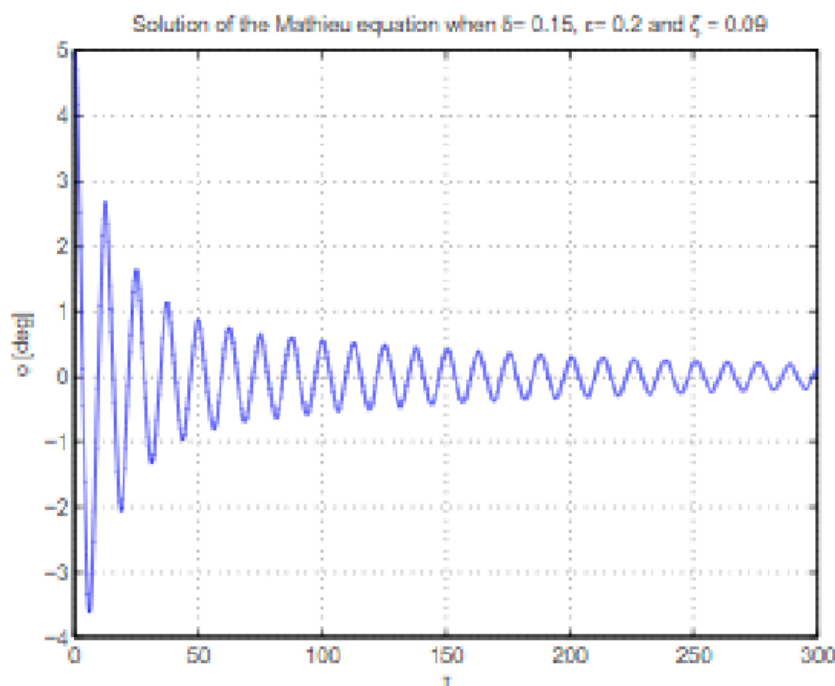


Рисунок 5.13 - Демпфування крену більше, ніж перехідне значення
 5.3.5. Вплив моменту відновлення (GZ) і метацентричної висоти (GM) на параметричну хитавицю

Коли судно проходить вздовж поздовжніх хвиль, диференційована висота хвилі по хвості хвиль та одночасне різне положення судна як функція часу та швидкості динамічних варіацій у метацентричній висоті судини.

Це спостерігається в таких сценаріях:

- i) Спокійні умови води та вплив звичайних хвиль;
- ii) Хвильовий гребінь, розміщується по міделю;
- iii) Хвиля розміщується серед них.

Але ці умови також поєднуються з несприятливим ефектом поєднаних або комбінованих рухів руху, кроку, небеси тощо. Для загального аналізу даних із контейнера C11 (рис. 5.14, 5.15), припливні криві GZ були побудовані як функція відповідних кутів, що варіюються (0 до 90 градусів).

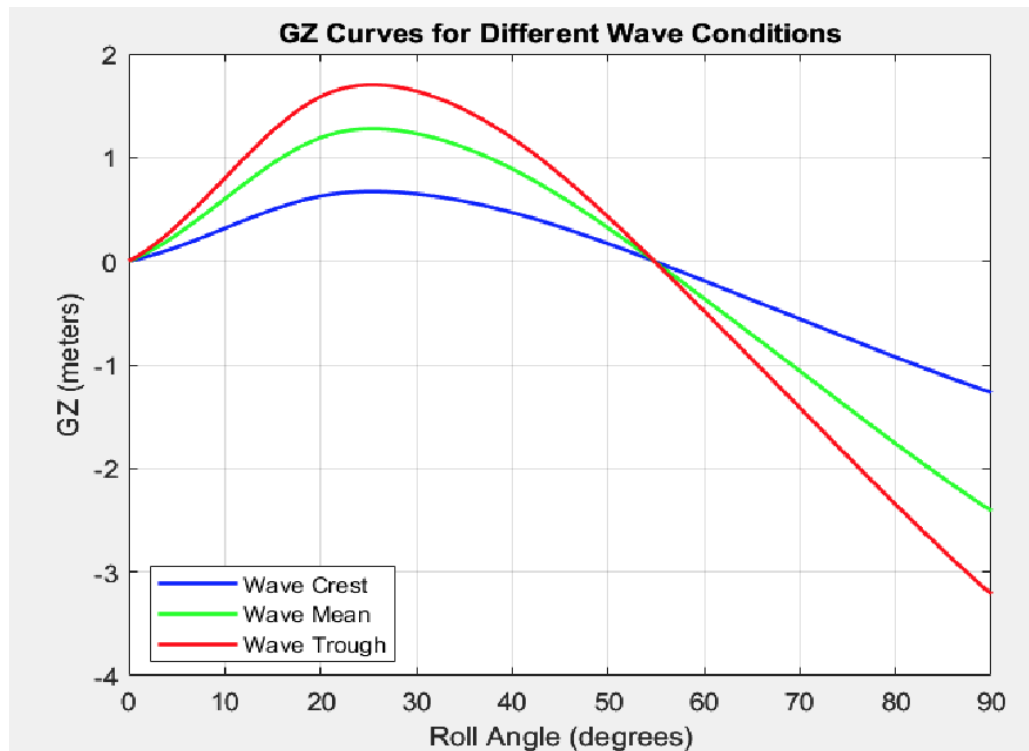


Рисунок 5.14 - Криві GZ для різних хвильових умов

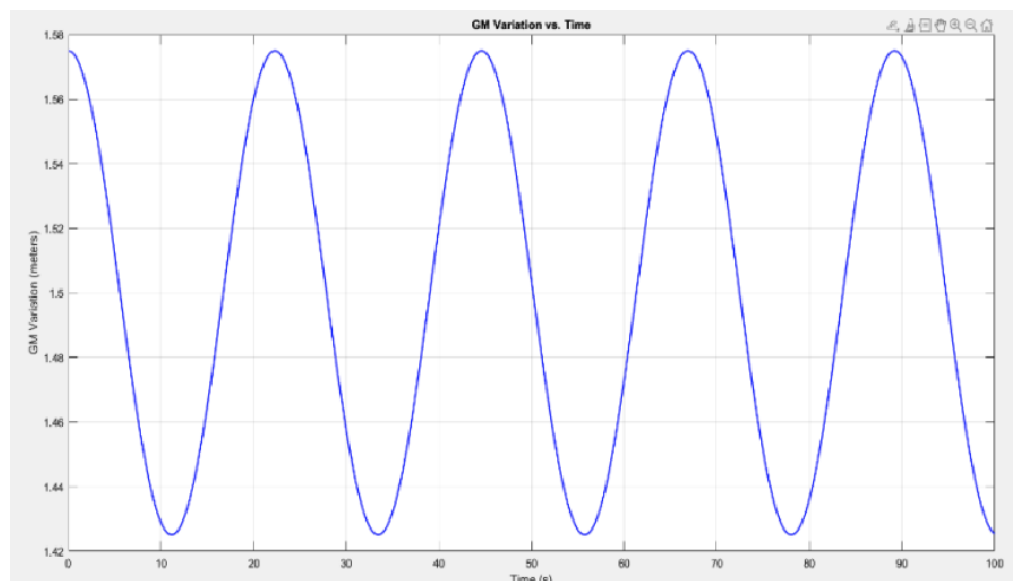


Рисунок 5.15 - Метацентрична висота проти часу

Тут максимальні значення GZ і відповідні значення метацентричної висоти є вищими для зіткнень з хвилями в жолобі через більшу площу водної площини, яка охоплює обидва кінці судна, а згодом вони нижчі для зіткнень з гребнем хвилі через зменшену площу контакту з водною площиною лише біля середньої області. Але, оскільки судно та хвилі знаходяться в динамічній

кореляції, ці параметри ніколи не є статичними і постійно змінюються, отже створюючи загрозу для внутрішньої стабільності судна. Ефекти посилюються лише тоді, коли довжина головної або наступної хвилі наближається до подвійної довжини судини. Величина шкоди також частково залежить від стану моря [28 – 33].

Швидкість як параметр завжди слід розглядати як фактор пом'якшення параметричної хитавиці, тобто деякі рівні швидкостей, також відомі як критичні швидкості, можуть викликати параметричний крен навіть у хворобливо спокійних умовах шляхом впливу на діапазони кутових частот судна. Пом'якшити вплив критичних швидкостей на посилення крену можна за допомогою диференційованої швидкісної роботи суден, тобто шляхом експлуатації судна на різних швидкостях через постійні проміжки часу [32]. Це робиться в інкрементних і наступних декрементних прискореннях швидкості, таким чином, коли на графіку залежно від часу виходять симетричні геометричні профілі, деякі з яких відомі як трикутний і трапецієподібний профілі для зміни швидкості, як показано на рис. 5.16.

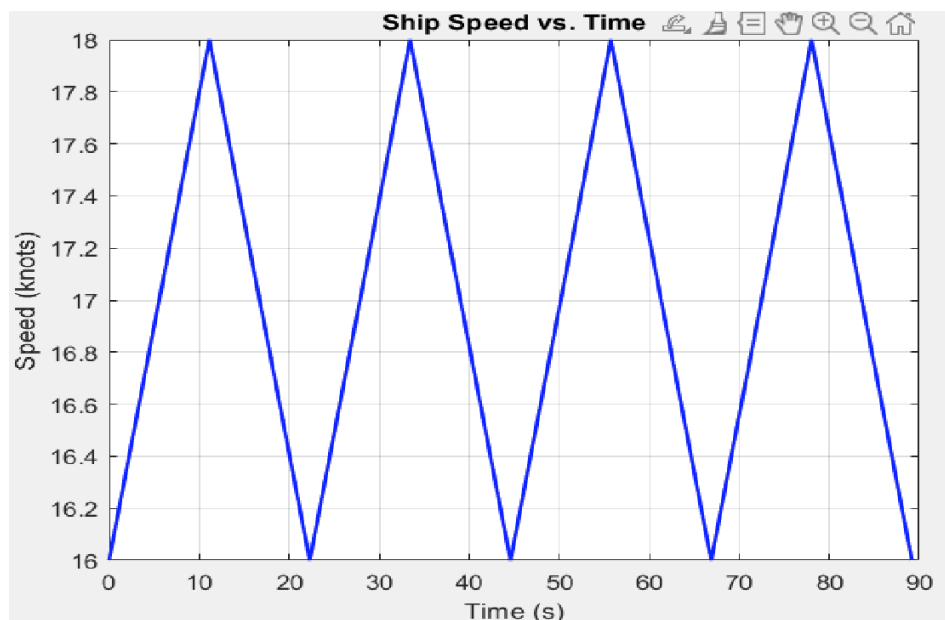


Рисунок 5.16 - Швидкість судна проти часу

Ці варіації профілю допомагають відхилити частоти від замикання до формування параметричних умов крену, тим самим створюючи ефект демпфування для будь-яких рухів крену, які, можливо, вже почалися.

5.3.6. Заходи щодо зменшення параметричного крену

Параметрична хитавиця — це спонтанне явище, яке виникає для суден, особливо в головному та наступному морях. Цього не можна повністю уникнути, але можна вжити різних заходів, щоб зменшити вплив параметричної хитавиці суден [34 – 36].

1. Параметричний крен виникає, коли природний період крену судна збігається з частотою зустрічної хвилі. Період природного крену можна відокремити від інших рухів, сконструювавши судно так, щоб обмежити зв'язок між креном та іншими рухами (такими як крен і тангаж). Це мінімізує ймовірність того, що період крутіння вирівнюється з частотами хвиль, зменшуючи ймовірність резонансу. Зменшення зв'язку між кренами та іншими рухами судна може покращити загальну стійкість судна. Це, у свою чергу, підвищує безпеку та комфорт пасажирів та екіпажу.

2. Підвищення жорсткості суден. Це можна зробити за допомогою структурного підсилення, яке може допомогти зменшити параметричний крен. Жорсткіші кораблі мають довший природний період крену, який може не збігатися з періодом хвилі настільки точно, що зменшує можливість резонансу.

3. При встановленні різних пристроїв, що запобігають крену, можливе пом'якшення параметричного крену. Для активної протидії коченню можна використовувати активні стабілізатори, такі як гіроскопічні стабілізатори та стабілізатори плавників. Вони змінюють своє положення, щоб компенсувати крен, спричинений хвилями. Щоб зменшити кочення, можна встановлювати резервуари проти крену, іноді відомі як пасивні баки. Ці резервуари містять воду та стратегічно розташовані, щоб запобігти перекочуванню. Резервуар, що запобігає перекочуванню, може мінімізувати параметричне перекочування в екстремальних умовах, таких як сильні хвилі моря. Швидкість зміни моменту

відновлення крену можна знизити, прикріпивши аспонсон до борту судна. Спонсон — це виступ, який зазвичай відходить від корпусу для покращення стійкості судна під час плавання.

4. Швидкість судна можна регулювати, щоб уникнути або зменшити параметричний крен. Зміна швидкості судна може змінити відносний рух між кораблем і хвилями, потенційно зменшуючи ефект резонансу. Коригування курсу або курсу судна також може допомогти зменшити параметричний крен. Резонанс може бути порушений зміною кута, під яким судно стикається з хвилями.

5. Обізнаність і навчання екіпажу є критичними компонентами пом'якшення ризиків і наслідків параметричного крену на суднах. Вони повинні розуміти, що це викликає, як це впливає на судину і які її наслідки. Члени екіпажу на містку повинні постійно стежити за станом моря і погодними умовами. Раннє виявлення має вирішальне значення для вжиття профілактичних заходів. Якщо параметричне перекочування стає серйозним і загрожує безпеці судна, члени екіпажу повинні бути добре підготовлені з протоколами аварійних ситуацій. Регулярні параметричні симуляційні тренування під час навчання екіпажу можуть допомогти їм ознайомитися з умовами реального світу. Змодельовані вправи можуть забезпечити значну практику для розпізнавання та реагування на параметричні обставини.

5.4 Наслідки та заходи протидії параметричній хитавиці

У сучасній морській інженерії питання прогнозування остійності суден у складних хвильових умовах набуває все більшої актуальності. Одним із перспективних напрямів, що розглядається на рівні ММО, є застосування чисельного моделювання для прямої оцінки стійкості непошкодженого судна. Такий підхід передбачає наявність високоточних математичних моделей нелінійної динаміки руху судна, а також ефективних ймовірнісних процедур,

здатних адекватно описувати рідкісні екстремальні події у негаусових хвильових процесах.

Одним із таких методів є підхід Themelis & Spyrou (2007), який ґрунтується на припущенні, що екстремальні крени виникають унаслідок зустрічі судна з критичними хвильовими групами. У межах цього підходу ідентифікація критичних груп хвиль за параметрами висоти, періоду та тривалості здійснюється за допомогою детермінованого нелінійного аналізу руху судна. Імовірність їх появи визначається статистичним моделюванням морського хвилювання. Хоча метод використовує спрощене представлення хвильового профілю (регулярні хвилі), він має значну універсальність, оскільки дає змогу поєднувати складні моделі нелінійної динаміки з точними ймовірнісними характеристиками морського середовища. У рамках даного дослідження здійснено порівняння цього підходу з прямою оцінкою остійності на основі нелінійного чисельного моделювання руху контейнеровоза пост-панамакс у типовому діапазоні початкових значень метацентричної висоти GM.

Короткострокові середні показники перевищення максимального (над кораблем) значення бічного прискорення $g/2$, а також кута крену 40 градусів визначаються за моделюванням Монте-Карло. Вони порівнюються з рівнем перевищення, отриманим за допомогою підходу груп критичних хвиль.

Дослідне судно та умови моделювання

Для аналізу обрано сучасний контейнеровоз місткістю 8000 TEU, який є характерним представником суден, що експлуатуються на східних та західних маршрутах, у тому числі після модернізації Панамського каналу. Судно має довжину між перпендикулярами близько 320 м, ширину ватерлінії близько 43 м та проектну швидкість приблизно 25 вузлів. На підставі повномасштабних вимірювань добре відомі його режими навантаження, швидкості та параметри демпфування крену.

Оскільки такі судна часто працюють у частково завантаженому стані, типовий діапазон GM становить близько 2,5–4,5 м, що загалом забезпечує достатній запас стійкості відносно параметричного та синхронного резонансів.

У дослідженні розглянуто ширший спектр умов завантаження, поданий у таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 - Умови завантаження

T_m, m	14,44	12,84	11,36
GM, m	1,2	3,8	7,5
T_ϕ, s	30,1	18,5	12,6

Зокрема досліджено три репрезентативні стани:

майже повне завантаження ($GM = 1,2 \text{ м}$), потенційно схильне до параметричного крену;

"типовий" стан навантаження ($GM = 3,8 \text{ м}$);

баластний стан із дуже високим значенням GM (7,5 м), що створює передумови до значних бічних прискорень унаслідок синхронного крену.

Критичні режими крену та аналіз сценаріїв

Синхронний крен найбільш імовірний у хвилях променя, коли додатковий опір невеликий, а швидкість руху судна залишається високою. Відповідний сценарій (випадок 1 у таблиці 5.3) зображено на рис. 5.17, де представлено зміну середньоквадратичного значення кута крену залежно від періоду та напрямку хвилі.

Таблиця 5.3 - Вибрані умови

Випадок	GM, m	Fr	$\mu, ^\circ$	T_1, s
1	7,5	0,16	98,0	11,5
2	1,26	0,09	50,0	10,0
3	1,26	0,12	49,0	9,2
4	1,26	0,04	180,0	13,4
5	3,8	0,16	60,0	12,7

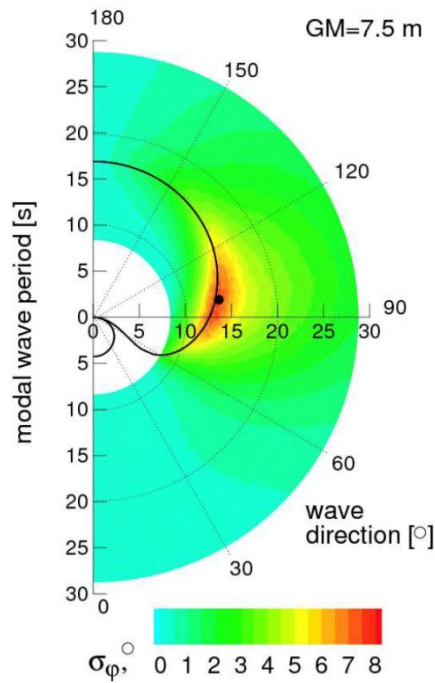


Рисунок 5.17 - Розраховане середньоквадратичне значення кута крену для умови навантаження з $GM=7,5$ м при $Fr=0,16$ у нерегулярних хвилях порівняно з модальним періодом хвилі та напрямком хвилі (радіальні та окружні координати відповідно)

Параметричний резонанс, навпаки, проявляється за малих значень GM . У таких умовах він може виникати як у наступних хвилях на малих швидкостях, так і в четвертних хвилях за вищих швидкостей ходу. Випадки 2 і 3 таблиці 5.3 ілюструють ці режими та подані на рис. 5.18.

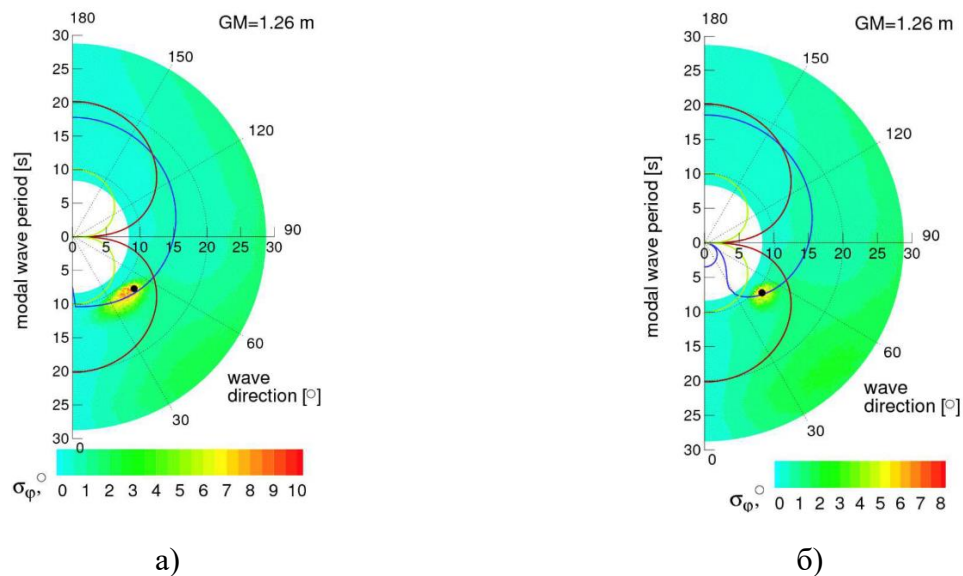


Рисунок 5.18 - Розраховане середньоквадратичне значення кута крену для $GM=1,2$ м при $Fr=0,09$ (а) і $0,12$ (б); чорні крапки вказують на репрезентативні сценарії для параметричного резонансу в четвертних хвилях; синя лінія вказує на стан резонансу, тоді як жовті та зелені лінії обмежують область відповідної довжини хвилі

Ще один прояв параметричного резонансу спостерігається у головних хвилях за низьких швидкостей руху. Випадок 4 таблиці 5.3 та графік на рис. 5.19 демонструють характерну поведінку судна у таких умовах.

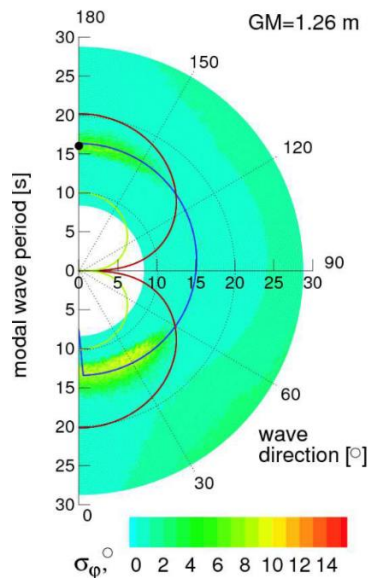


Рисунок 5.19 - Розраховане середньоквадратичне значення кута крену для GM 1,2 м і Fr 0,04 у нерегулярних хвилях; чорна точка вказує на вибраний випадок для параметричного резонансу в хвилях; синя лінія вказує на стан резонансу, жовта та зелена лінії обмежують область відповідної довжини хвилі

Випадок 5 репрезентує пряме збудження крену для "типового" навантаження судна (рис. 5.20).

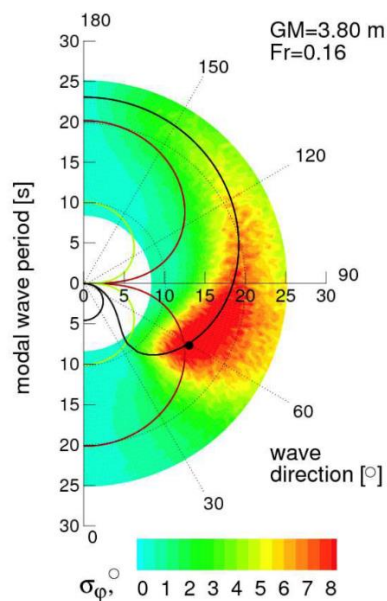


Рисунок 5.20 - Розраховане середньоквадратичне значення кута крену для $GM=3,8$ м при $Fr=0,16$ у нерегулярній хвилі
Порівняння двох методів оцінки: Монте-Карло та критичні групи хвиль

Для об'єктивного порівняння обидві методики використовували однаковий спектр хвилі JONSWAP. На рис. 5.21–5.22 наведено залежність коефіцієнтів перевищення для двох критеріїв: кута крену 40° та бічного прискорення $g/2$.

Аналіз результатів засвідчив таке:

Для кута крену 40° найкраща узгодженість між методами спостерігається у випадку (б) (рис. 5.21). Для випадку (в) збіжність є задовільною за більших значень висоти хвиль, тоді як за менших хвилястість підхід груп хвиль прогнозує завищену частоту перевищень. У випадку (а) навпаки — моделювання Монте-Карло демонструє постійно вищі коефіцієнти перевищення.

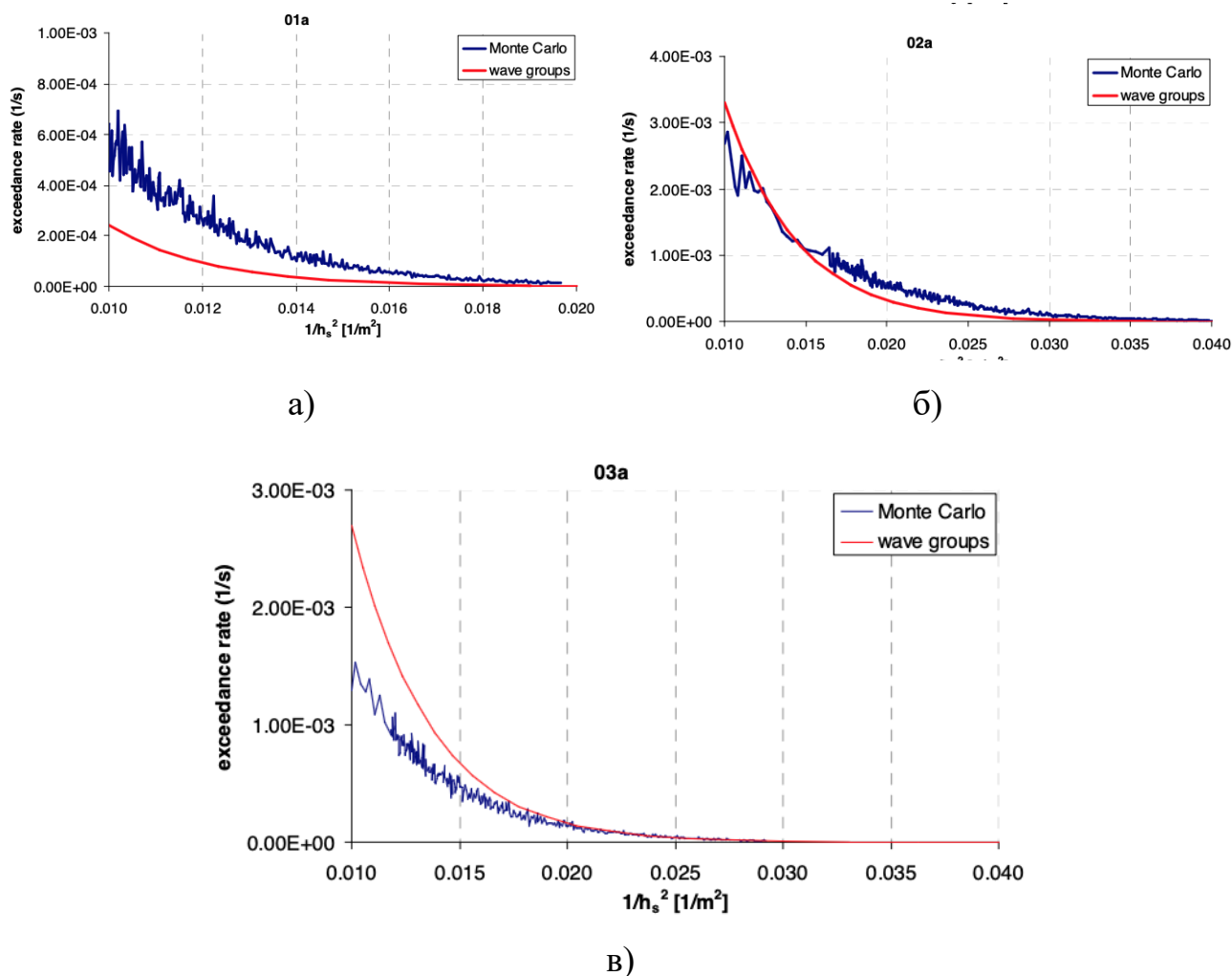


Рисунок 5.21 - Порівняння рівня перевищення кута крену 40 градусів між моделюванням Монте-Карло та підходом груп хвиль

Для бічного прискорення випадки (б), (в) і особливо (г) виявили гарну відповідність між методами (рис. 5.22). У складніших морських умовах метод груп критичних хвиль частіше демонструє завищені оцінки перевищень. Найбільші відмінності виявлено у випадках (а) та (г), де Монте-Карло передбачає значно більшу частоту екстремальних подій.

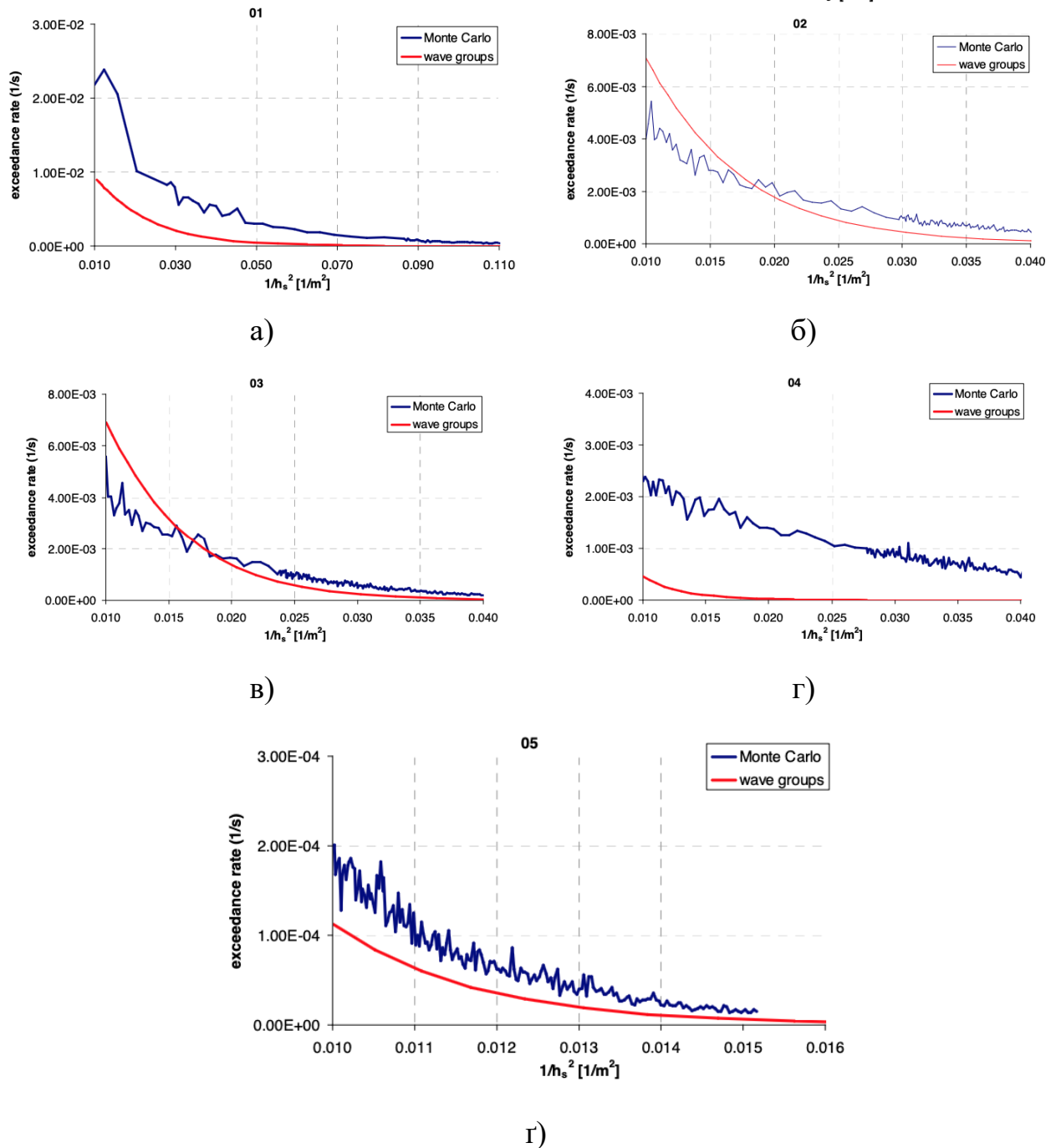


Рисунок 5.22 - Порівняння коефіцієнта перевищення g /бокового прискорення між моделюванням Монте-Карло та підходом груп критичних хвиль

Аналіз припущень та коригування методики

Важливою частиною обох підходів є припущення про застосовність потоку Пуассона для опису появи екстремальних подій. Для руху крену перші дві умови — поодинокість події в один момент часу та її низька ймовірність — виконуються. Однак третя умова, а саме незалежність подій, не дотримується, оскільки екстремальні крени зазвичай виникають групами й мають високу автокореляцію.

Щоб усунути вплив кореляції, у моделюванні Монте-Карло застосовано техніку повторюваного запуску в межах одного хвилястого шляху. Кожне моделювання тривало до першого перевищення порогового значення; після цього судно поверталось у вертикальне положення, і моделювання повторювалося з новими фазами хвильових компонентів. Середній час до перевищення визначався як середнє значення за всіма реалізаціями.

Підсумкові положення

Проведені дослідження засвідчують, що метод критичних хвильових груп має значний потенціал для оцінки ризиків параметричного та синхронного крену. Водночас він демонструє певні обмеження, особливо у випадках складних морських умов та високої варіабельності хвильового процесу, де метод Монте-Карло забезпечує більш достовірні оцінки. Використання двох методів у комплексі дає змогу підвищити точність прогнозування екстремальних кренів і посилити надійність критеріїв остійності суден у нелінійних хвильових умовах.

Метод Монте-Карло загалом показує вищу точність та кращу відповідність реалістичним нелінійним сценаріям, тоді як метод критичних хвильових груп є більш компактним, менш ресурсозатратним, але інколи переоцінює частоту екстремальних подій. Найбільша узгодженість між двома підходами спостерігається для випадків середнього хвилювання (б, в, г), тоді як у складних умовах результати можуть суттєво відрізнятись.

Табличне порівняння методів Монте-Карло та методу критичних хвильових груп (табл. 5.4)

Таблиця 5.4 - Порівняння методів Монте-Карло та методу критичних хвильових груп

Критерій порівняння	Метод Монте-Карло	Метод критичних хвильових груп
1	2	3
Точність при складних морських умовах	Висока: добре враховує нелінійність, випадковість і різкі зміни параметрів хвиль	Середня: точність знижується при складному спектрі хвилювання
Здатність моделювати екстремальні події	Висока: моделює поодинокі події та їх кластери	Від середньої до високої: залежить від коректності виділення хвильових груп
Узгодженість при порозі 40° крену (рис. 5.21)	Випадки (б), (в): добра узгодженість; випадок (а): значно більше перевищень	Найкраща узгодженість у випадку (б); у випадку (в) — добрий збіг при великих хвилях
Узгодженість для прискорення $g/2$ (рис. 5.22)	Найкраща відповідність у випадку (г); в окремих сценаріях прогнозує більше перевищень	Добра відповідність у випадках (б), (в), (г), але при важких умовах має тенденцію до переоцінки
Схильність до переоцінки частоти перевищень	Низька	Середня / Висока (особливо при малих висотах хвиль)
Схильність до недооцінки частоти перевищень	Іноді можливе недооцінення в сценаріях зі складною нелінійністю	Можлива недооцінка при високому хвилюванні або коротких хвильових групах
Врахування автокореляції крену	Так, через повторні моделювання в одному хвилястому шляху	Частково: припущення незалежності подій не завжди коректне
Практичність застосування	Висока точність, але значні обчислювальні витрати	Менше ресурсів, швидший, підходить для попередніх оцінок
Універсальність	Дуже висока: підходить для будь-яких хвильових спектрів та режимів руху	Висока, але залежить від правильності вибору критичних хвильових груп
Основний недолік	Велика обчислювальна складність	Наближене представлення хвиль, можливість переоцінки ризиків

Висновки

У цьому дослідницькому розділі дипломної роботи міститься ретельний аналіз параметричної качки на судах, що дає уявлення про складну динаміку, причини, наслідки та потенційні стратегії пом'якшення. Параметрична хитавиця є складним і іноді небезпечним явищем, яке ставить під загрозу безпеку та остійність суден у морі. Взаємодія хвиль і форми корабля була встановлена як основна причина параметричного кочення. Довжина хвилі, амплітуда хвилі та характеристики судна, такі як довжина, ширина та осадка, відіграють вирішальну роль у визначенні ймовірності параметричного кочення. Числові вираження з використанням рівняння Мат'є також було вивчено для кочення судна з і без демпфування. Параметрична прокатка має серйозні наслідки. До них належать зниження безпеки екіпажу, пошкодження вантажу, структурні деформації та, у важких випадках, ймовірність перекидання. Було зрозуміло, що зміна параметрів може мати катастрофічні наслідки для морських операцій, що робить критично важливим розробку ефективних заходів пом'якшення та профілактики. Для протидії параметричному коченню було вивчено декілька заходів пом'якшення. Ці заходи включають як конструктивні зміни, так і експлуатаційні міркування.

Параметрична хитавиця є ключовим питанням у морській галузі, що вимагає пильної уваги до проектування судна, операційної практики та навчання екіпажу. Загроза параметричної хитавиці є постійною, особливо з огляду на зростання розмірів та складності сучасних суден, що підкреслює необхідність продовження досліджень та розробки ефективних конструктивних і експлуатаційних рішень.

РОЗДІЛ 6

РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ СУДНА В РЕЙС

6.1 Аналіз фрахтового ринку контейнерного тоннажу

Ринок контейнерних перевезень після піків 2023–2024 року показує помірне зниження спотових фрахтів, але час-чартерні ставки залишаються відносно міцними через обмежену доступну пропозицію і підвищені експлуатаційні витрати. (індекс WCI $\approx$ \$1,806/40' за останній тиждень листопада 2025).

Поточні індикатори (ключові числа, джерело: кінець листопада 2025)

- Drewry — World Container Index (WCI): $\sim$ \$1,806 за 40' (зниження $\approx$ 2% тиждень/тиждень на 27.11.2025).
- SCFI / CCFI (Shanghai/China indices): коливання по експорту з Китаю — ознака м'якого спотового попиту (див. офіційні індекси Shanghai Shipping Exchange). (див. дані Shanghai Shipping Exchange).
- Time-charter / Clarksons: індекси time-charter для контейнерів зберігаються на підвищених рівнях (підтримка від обмеженої доступності суден вільного тоннажу) [38].

Операційні фактори:

Військово-політичні ризики (напади в Червоному морі, безпека транзиту) і страхування: підвищена вартість war-risk/insurance збільшувала витрати на перевезення і змушувала судноплавні лінії уникати маршрутів через Red Sea — що збільшувало тривалість рейсу (альтернативні обходи мисом Доброї Надії) і підвищувало попит на тоннаж. Останні повідомлення свідчать про часткове повернення транзитів, але відновлення буде поетапним.

Поведінка чартерного (time-charter) сегменту

Через рейтингові і інші ризики власники віддають перевагу коротким/середнім контрактам (3–12 місяців) при потенційній премії до довгих фіксів. Time-charter індекси залишаються вищими за середні останнього десятиліття (позитивний фактор для власників).

Для фрахтувальників: spot rates поки що коректуються вниз, але волатильні ризики (маршрути, страхування, bunker) можуть швидко повернути підвищення витрат.

Короткостроковий (3–6 міс.) прогноз

Спотові фрахти: ймовірно помірне коригування вниз/флет від поточних рівнів, але з періодичними сплесками на окремих торгових лініях.

Time-charter: залишатимуться стійкіші за рахунок управлінських та операційних обмежень і бажання судновласників мінімізувати простій [38].

6.2 Розрахунок кількісних та якісних показників роботи судна в рейсі

Розрахунок виконаний на підставі завдання і даних, отриманих у попередніх розділах цієї дипломної роботи, взятих із суднової документації при роботі на переддипломної практиці, з довідкових матеріалів кафедри М і ЕМТ НУ«ОМА», прейскурантів, тарифів та ін. Вихідні дані рейсу т/х «Okee August» з порту Роттердам в Порт Саїд зведені в таблицю 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 «Okee August»	D_w	Тон	36897
2	Запаси на початок рейсу	G_p	тон	2391,8
3	Відстань між портами	L	милі	3330,0
4	Кількість навантаженого вантажу:	$\Sigma Q_{шт}$	шт	1247

Продовження табл.6.1

1	2	3	4	5
5	Фрахтова ставка за 1 шт вантажу	f	\$/шт	750
6	Норми навантаження вантажу	$M_{ван}$	шт/ доб.	1200
7	Норми вивантаження вантажу	$M_{вив}$	шт/ доб.	1000
8	Експлуатаційна швидкість	v	екс. вузли	20,0
9	Швидкість в каналах, вузостях	v	кан. вуз.	12
10	Добова витрата палива на ходу: важке	$q^в_x$	тон/доб	72,0
	легке	$q^л_x$	тон/доб	3,2
	Добова витрата палива на стоянці: легке	$q_{ст}$	тон/доб	3,2
11	Ціна 1 тони палива: важке	$Ц_в$	\$/т	420
	легке	$Ц_л$	\$/т	650
12	Балансова вартість судна	$C_{бал}$	\$	3689600
13	Річна норма амортизації	Ha	%	10
14	Позаексплуатаційний час	$T_{зе}$	діб.	15
15	Чисельність екіпажу	$Ч_{ек}$	чол.	22
16	Час затримки в дорозі	$t_{зат}$	доб.	0,25
17	Додатковий час в портах стоянки	$t_{доо}$	год.	0,1
18	Заробітна платня	$R_{зн}$	\$/доб	2900
19	Витрати на технічне постачання	$R_{т.пос}$	\$/доб	300
20	Навігаційні витрати	$R_{нав}$	\$/доб	200
21	Портові збори	$R_{порт}$	\$	38000
22	Агентування суден	$R_{аг}$	\$/доб	180
23	Витрати на страхування судна	$R_{стр}$	\$/доб	220
24	Витрати на ремонт	$C_{рем}$	\$/мр.п.	650000
25	Вартість одного доковання	$C_{док}$	\$	35000

При розрахунку кількісних показників роботи судна в рейсі використовуємо дані рейсового завдання : [39, 41].

1. Розраховуємо чисту вантажопідйомність судна:

$$D_q = D_w - G_{зан}, \quad (6.1)$$

$$D_q = 36897 - 2391,8 = 34719,2 \text{ т}$$

2. Розраховуємо експлуатаційний період роботи судна:

$$T_{екс} = T_{\kappa} - T_{вз}, \quad (6.2)$$

де T_{κ} - календарний період, приймаємо 365 діб;

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

3. Розраховуємо час рейсу:

- ходовий час:

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

$$t_x = 3330,0 / (20,0 \times 24) + 0,25 = 7,2 \text{ діб}$$

- стоянковий час:

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

$$t_{cm} = 1247 / 1200 + 1247 / 1000 + 0,1 = 2,4 \text{ діб.}$$

- час рейсу складе:

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

$$t_p = 7,2 + 2,4 = 9,6 \text{ діб}$$

4. Розрахуємо провізну спроможність судна:

- зроблено шт-миль за рейс:

$$\Sigma QL = 1247 \times 3330,0 = 4152510 \text{ шт-миль/рейс}$$

- зроблено тоннаже-миль за рейс:

$$\Sigma D_{\text{ч}}L = 36897 \times 3330,0 = 122867010 \text{ тоннаже-миль/рейс}$$

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

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

$$\Sigma F_{\text{рейс}} = 1247 \times 750 = 935250 \text{ \$/рейс}$$

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

Постійні експлуатаційні витрати судна за добу розраховуємо за формулою:

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

- витрати на заробітну плату ($R_{\text{зн}}$) 2900 \$/добу;

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

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

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

$$R_{\text{хар}} = 22 \times 12 = 264 \text{ \$/добу};$$

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

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

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

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

$$R_{рем} = ((35000 + 650000) / 5) / 350 = 391 \text{ \$/добу}$$

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

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

$$R_{ам} = (3689600 \times 0,1) / 350 = 1054 \text{ \$/добу};$$

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

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

де $H_{сн}$ - норма постачання;

$$R_{сн} = (3689600 \times 0,02) / 350 = 211 \text{ \$/добу};$$

- витрати на технічне постачання ($R_{т.пос.}$) 300 \\$/добу;
- навігаційні витрати, \\$/добу ($R_{нав}$) 200 \\$/добу;
- портові збори ($R_{порт}$) 38000 \\$/рейс;
- витрати з агентування ($R_{аг}$) 180 \\$/добу;
- витрати на страхування ($R_{стр}$) 220 \\$/добу.

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

$$R_{екс} = 2900 + 264 + 391 + 1054 + 211 + 300 + 200 + 38000 / 9,6 + \\ + 180 + 220 = 9678 \text{ \$/ добу}$$

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 %.

$$R_{кос.} = 9678 \times 0,02 = 194 \text{ \$/добу}$$

8. Знаходимо загальні постійні експлуатаційні витрати судна за добу:

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

$$R_{заг} = 9678 + 194 = 9872 \text{ \$/добу}$$

9. Знаходимо загальні постійні експлуатаційні витрати судна за рейс:

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

$$\Sigma R_{\text{общ.экс}} = 9872 \times 9,6 = 94771 \text{ \$/рейс}$$

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

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

$$R_x^6 = k_{cm} \cdot q_x \cdot \Pi_6 \quad (6.15)$$

$$R_x^l = k_{cm} \cdot q_x \cdot \Pi_l \quad (6.16)$$

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

$$R_x^6 = 1,1 \times 72,0 \times 420 = 33264 \text{ \$/ добу}$$

$$R_x^l = 1,1 \times 3,2 \times 650 = 2288 \text{ \$/ добу}$$

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

$$R_{cm}^l = k_{cm} \cdot q_{cm} \cdot \Pi_l \quad (6.17)$$

$$R_{cm}^l = 1,1 \times 3,2 \times 650 = 2288 \text{ \$/ добу}$$

- витрати на паливо і мастильні матеріали витрати за рейс:

$$\Sigma R_{\text{пер}} = (R_x^m + R_x^l) \cdot t_x + (R_{cm}^m \cdot t_{cm}) \quad (6.18)$$

$$\Sigma R_{\text{пер}} = (33264 + 2288) \times 7,2 + 2288 \times 2,4 = 261465 \text{ \$/рейс}$$

11. Знаходимо загальні витрати судна за рейс:

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

$$\Sigma R_{\text{рейс}} = 94771 + 261465 = 356236 \text{ \$/рейс}$$

12. Знаходимо прибуток судна за рейс:

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

$$\Sigma\Pi_{рейс} = 935250 - 356236 = 579014 \text{ \$/рейс}$$

Прибуток судна т/х «Okee August» з порту Роттердам в Порт Саїд з вантажем контейнери за рейс склав 579014 \\$/рейс.

Якісні показники роботи судна в рейсі розраховуємо за методикою: [41].

1. Коефіцієнт використання календарного періоду:

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

$$K_e = 350 / 3194 = 0,959$$

2. Середньодобова експлуатаційна швидкість:

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

$$V_{cp} = 3330,0 / 7,2 = 463$$

3. Коефіцієнт ходового часу:

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

$$\varepsilon_x = 7,2 / 9,6 = 0,750$$

4. Продуктивність однієї тони вантажопідйомності судна в добу експлуатації:

$$\mu_6 = \alpha_3 \cdot V_{cp.} \cdot \varepsilon_x, \quad (6.24)$$

$$\mu_6 = 0,986 \times 463 \times 0,750 = 342,39$$

5. Валова прибутковість одних судно-днів:

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

$$\mu = 935250 / 9,6 = 97422 \text{ \$/доба}$$

6. Собівартість перевезення однієї тони вантажу в рейсі:

$$S_{ум} = \Sigma R_{рейс.} / \Sigma Q, \quad (6.26)$$

$$S_{ум} = 356236 / 1247 = 285,67 \text{ \$/шт}$$

7. Собівартість 1 тонно-милі в рейсі:

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

$$S_{шт-м} = 356236 / 4152510 = 0,0857881 \text{ \$/шт-м}$$

8. Собівартість утримання судна в добу експлуатації:

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

$$S_{с-д} = 356236 / 9,6 = 37108 \text{ \$/ доба.екс}$$

10. Рівень прибутковості являє відношення доходів до витрат:

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

$$PF = 935250 / 356236 = 2,63$$

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

6.3. Прогнозування роботи судна, оцінка ефективності рейсу

Якісні показники роботи судна за експлуатаційний період розраховуємо з урахуванням розрахованого експлуатаційного період роботи судна за формулою (6.2) за методикою: [41].

1. Число рейсів за експлуатаційний період:

$$Ч_p = T_{екс} / t_p \quad (6.30)$$

$$Ч_p = 350 / 9,6 = 36,46$$

2. Обсяг перевезеного вантажу за експлуатаційний період:

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

$$\Sigma Q_{екс} = 1247 \times 36,46 = 45466 \text{ шт / рік}$$

3. Обсяг транспортної роботи за експлуатаційний:

$$\Sigma Ql_{экс} = \Sigma Ql \chi_p \quad (6.32)$$

$$\Sigma Ql_{екс} = 4152510 \times 36,46 = 151400515 \text{ шт-миль / рік}$$

4. Дохід за експлуатаційний період:

$$\Sigma F_{экс} = \Sigma F_{рейс} \cdot \chi_p \quad (6.33)$$

$$\Sigma F_{екс} = 935250 \times 36,46 = 34099215 \text{ \$ / рік}$$

5. Загальні витрати судна за експлуатаційний період:

$$\Sigma R_{экс} = R_{рейс} \cdot \chi_p \quad (6.34)$$

$$\Sigma R_{екс} = 356236 \times 36,46 = 12988365 \text{ \$ / рік}$$

6. Прибуток судна за експлуатаційний період:

$$\Sigma П = П_p \cdot \chi_p \quad (6.35)$$

$$\Sigma П = 579014 \times 36,46 = 21110850 \text{ \$ / рік}$$

7. Рівень прибутковості роботи судна за експлуатаційний період:

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

$$PF = 34099215 / 12988365 = 2,63$$

Для оцінка ефективності виконаного рейсу і роботи судна за експлуатаційний період зведемо 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	\$	935250
2	Затрати загальні	R	\$	356236
3	Прибуток	Π	\$	579014
4	Коефіцієнт ходового часу	ε_x		0,750
5	Середньодобова експлуатаційна швидкість	V_{cp}	милі/доб	463
6	Дохідність судна	μ	\$/ доб	97422
7	Рівень дохідності	PF		2,63
8	Собівартість перевезення 1 шт вантажу	$S_{шт}$	\$/шт	285,67
9	Собівартість 1 шт-милі	$S_{шт-м}$	\$/шт-м	0,0857881
10	Собівартість утримання судна за добу експлуатації	$S_{с-д}$	\$/доб.	37108

В результаті проведених розрахунків, наведених у таблиці 6.2. слід зазначити, що виконаний рейс є прибутковим. Рівень прибутковості 2,63, прибуток 579014 \$ за рейс, а за експлуатаційний період прибуток складе 21110850 \$. Судно «Okee August» доцільно використовувати на даній лінії.

ВИСНОВОК

Даний дипломний проект виконаний для економічного та безпечного переходу з порту Роттердам до порту Порт Саїд.

За каталогом карток, книг і посібників з маршрутами проведено підбір необхідної літератури.

Виконана прокладка курсів, розраховане плавання по них і природна освітленість за маршрутом переходу.

Виконана робота дозволила зробити навігаційну опрацювання переходу і забезпечення безпеки плавання при його виконанні.

Вироблено розміщення вантажів з трюмами, виконані розрахунок і перевірка статичної і динамічної остійності за вимогами ІМО.

Проведена перевірка подовжньої міцності судна.

У дослідницькому розділі розглянуто засоби для зниження параметричної хитавиці на контейнерному судні під час шторму. Параметрична хитавиця є ключовим питанням у морській галузі, що вимагає пильної уваги до проектування судна, операційної практики та навчання екіпажу. Загроза параметричної хитавиці є постійною, особливо з огляду на зростання розмірів та складності сучасних суден, що підкреслює необхідність продовження досліджень та розробки ефективних конструктивних і експлуатаційних рішень.

Розраховані кількісні і якісні економічні показники роботи судна в рейсі і виконано їх порівняльний аналіз за рейс і за експлуатаційний період.

В роботі також проведено прогнозування наслідків надзвичайної ситуації на об'єкті морського транспорту.

Підводячи підсумок, можна сказати, що даний рейс був ретельно опрацьований, завчасно і належним чином спланований, забезпечений всією необхідною документацією, посібниками та розрахунками. Даний рейс є безпечним і економічно вигідним.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Practical navigation [Text]: training. manual / V. G. Aleksishyn, V. T. Dolgochub; Odesa Maritime National Academy. - 4th ed., Ex. and add. - O.: Phoenix, 2011. - 376 p.
2. Алексішин В.Г., Козир Л.А., Симоненко С.В. Навчальний посібник "Забезпечення навігаційної безпеки плавання ОНМА: изд. Одеса-«ТрансЛит», 2009. - 517с.
3. Alan Murray. Astro Navigation From Square One To Ocean Master.- M-Y Books, 2013. - 445 p.
4. D.J. House Seamanship Techniques. Shipboard and Marine Operations. 5th Editdion. 2018. - 922 p.
5. Бурмака І.О. Управління судами у ситуації небезпечного зближення / І.О Бурмака., Е.Н П'ятаков., А.Ю. Булгаков - LAP LAMBERT Academic Publishing, - Саарбрюккен (Германия), – 2016. - 585 с.
6. Методичні вказівки для виконання магістерської роботи / Укл. І.І. Ворохобін та ін. –Одеса: НУОМА, 2023. – 96 с.
7. Конвенція та кодекс з підготовки, дипломування моряків та несення вахти (ПДМНВ-78/95) – International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers, 1978/95 (STCW-78/95)
8. Резолюція ІМО А.893 (21) -1999 «Посібник з планування рейсу».
9. Посібник з процедур на містку — Bridge Procedure Guide. - International chamber of shipping. 1998. - 87 p.
10. Catalogue of Admiralty Charts and Publications
11. Резолюція ІМО А.893 (21) –1999 «Посібник з планування рейсу».
12. Рекомендації щодо організації штурманської служби на морських судах України (РІСУ-98).—Одесса: ЮжНИИМФ, 1998.—111с.
13. Посібник з процедур на містку — Bridge Procedure Guide. - International chamber of shipping. 1998-87 p.

14. Ніколаєва Л. Л. Комерційна експлуатація судна: навч. [для студ. вищ. навч. зав.] / Л. Л. Миколаєва. – Одеса: Фенікс, 2006. – 754 с.
15. Савчук В. Д. Технологія перевезення вантажів : підруч. / В. Д. Савчук. – Одеса: ВидавІнформ, 2008. – 335 с.
16. A. Quarteroni, Numerical models for differential problems, 2nd ed., Milano: Springer, 2014.
17. B. E. Launder and D. B. Spalding, “The numerical computation of turbulent flows,” Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering, vol. 3, no. 2, pp. 269-289.
18. Adoption of the International Code on Intact Stability, 2008 (2008 IS Code), Resolution MSC.267(85).
19. Мальцев А.С. Теория и практика безопасного управления судном при маневрировании. Дис. докт. техн. наук: 05.22.16. Одесса, 2007.- 395 с.
20. Алексішин В.Г., Козир Л.А., Короткий Т.Р. Міжнародні та національні стандарти безпеки мореплавання. - Одеса: Латстар, 2002. - 257 с.
21. Вагущенко Л.Л., Кошовий А.А. Автоматизовані комплекси судноводіння. – Київ, КВІЦ, 2000. – 292 с.
22. Гофман, Велінгоф, Ліхтенегер. Глобальна система позиціонування GPS. Теорія та практика. – Київ, Наукова думка, 1996.
23. Радіонавігаційний план України (проект). Посібник/ Баранов Г.Л., Кошовий А.А., Падалко В.Г., Скорик Є.Т., Хавило В.І. під загальною редакцією д.т.н. Кошового А.А. – Київ, видавництво “КВІЦ”, 2002. – 77 с.
24. Кошовий В.М. Система та пристрої автоматичної ідентифікації судів - Навчальний посібник / В.М. Кошовий, А.В. Шишкін, В.І. Купровський. - Одеса: ОНМА, 2005. - 79 с.
25. Sheikh Ahmad I et al, ‘Parametric Roll Instability of Ships’, Master’s Thesis, Master of Science, Faculty of Mathematics and Natural Sciences University of Oslo, June 2008
26. ClassNK, ‘Guidelines on Preventive Measures against Parametric Rolling’, February 2023

27. International Maritime Organization, 'Safe Transport of Containers', 2017
28. Samuels C et al, 'Heavy Weather Dangers: The 1998 APL China Shipping Loss', July 2019
29. Deleanu D et al, 'Controlling the parametric roll of a container ship model by changing the forward velocity', IOP Conference Series, Material Science and Engineering, June 2020
30. Sjöle A et al, 'Evaluation of vulnerability to parametric rolling', Master's Thesis, Masters in Naval Architecture and Marine Engineering, 2016
31. The Nautical Institute, 'Introduction to Parametric Rolling' 8. Shigunov V et al, 'Conditions of Parametric Rolling', International Conference on Stability of Ships and Ocean Vehicles, January 2009
32. Turk A et al, 'Parametric Rolling Simulations Of Container Ships', International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering, June 2013
33. Ribeiro e Silva S et al, 'Parametric Rolling Of A Container Vessel In Longitudinal Waves', International Conference on Stability of Ships and Ocean Vehicles
34. Navigation Safety: Guidance to the Master for Avoiding Dangerous Situations in Adverse Weather and Sea Conditions Notice to all Shipowners, Operators, Masters and Deck Officers.
35. A D E Anggriani et al, 'Intact Stability Analysis of a Container Ship Due to Containers Stowage on Deck', 6th International Conference on Marine Technology (SENTA 2021) doi:10.1088/1755-1315/972/1/01204713.
36. Nicoleta Acomi et al, 'Avoiding the Parametric Roll', *Corresponding author: 104, Mircea cel Bătrân, Constanta, 900663, Romania
37. Isar Ghamari et al, 'INVESTIGATION OF PARAMETRIC RESONANCE IN ROLL FOR CONTAINER CARRIER SHIPS', Proceedings of the ASME 2015 34th International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering OMAE2015 May 31-June 5, 2015, St. John's, Newfoundland, Canada.
38. <https://unctad.org/en/pages/> - Review of Maritime Transport 2018 (Обзор морского транспорта)

39. Вінніков В.В. Економіка підприємства морського транспорту (економіка морських перевезень): - 3 видавництва, перероб. дод. - О.: Фенікс, 2011. – 944 с.
40. Дем'янченко А.Г., Сотниченко Л.Л. Вдосконалення організаційно-економічного механізму управління розвитком підприємств морської галузі / кол. монографія за ред. А. Г. Дем'янченко. – Одеса: НУ «ОМА», 2017. – 325 с.
41. Сотниченко Л.Л., Бабаченко М.В. Економіка водного транспорту: методичні вказівки розрахункової роботи. – Одеса: НУ «ОМА», 2017, с. 20.
42. Конвенція з охорони людського життя на морі 1974 (SOLAS-74) Глава V «Безпека мореплавання».
43. Терновський В. Б. Методичні вказівки щодо виконання розділу дипломної роботи «Охоронні заходи та цивільна оборона на судні» / В. Б. Терновський – Одеса: НУ «ОМА», 2015. – 75 с.