

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

Навчально-науковий інститут навігації

Кафедра Судноводіння

ДИПЛОМНА РОБОТА МАГІСТРАНТА

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

Крупчак Ксенії Олександрівни

(прізвище, ім'я по-батькові)

Тема роботи: «Комплексне опрацювання та дослідження етапів переходу судна
«MSC Brunella» за маршрутом Кейптаун (Capetown) – Джебел Алі (Jebel Ali)

Підпис магістранта



Завідуючий кафедрою

Керівник



Генков А.О.

Рецензент

Нормоконтроль

м. Одеса
2025 рік

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ОДЕСЬКА МОРСЬКА АКАДЕМІЯ»

Навчально-науковий інститут навігації

кафедра Судноводіння

спеціалізація 271.01 Навігація і управління морськими суднами

"ЗАТВЕРДЖУЮ"
Завідуючий кафедрою

"__" ____ 20__ р

З А В Д А Н Н Я

по дипломній роботі магістранта
Крупчак Ксенії Олександрівни

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Комплексне опрацювання та дослідження етапів переходу судна «MSC Brunella» за маршрутом Кейптаун (Capetown) – Джебел Алі (Jebel Ali)

затверджена наказом по академії від " 1 " грудня 2025 р. № 1455

2. Строк здачі курсантом закінченої роботи " 3 " грудня 2025 року

3. Вхідні дані до роботи:

Ворохобін та ін. Методичні вказівки до виконання магістерської роботи
Ship's particulars, Trim and Stability Booklet
Nautical Publications

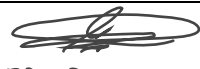
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що підлягають розробці):

Характеристики судна
Аналіз, оцінка та планування навігаційного переходу
Обробка та розміщення вантажів
Оцінка морехідних якостей судна
Аналіз точності та сучасні технології прогнозування тропічних циклонів

5. Перелік графічного матеріалу:

Wheelhouse Poster
Графічний план переходу
Вантажний план судна
Діаграми статичної остійності на відхід та на прихід

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

Розділ (визначається кафедрою)	ПІБ консультанта	Підпис і дата
1. Характеристики судна	Голіков А.О.	 03.12.2025
2. Аналіз, оцінка та планування навігаційного переходу	Голіков А.О.	 03.12.2025
3. Обробка та розміщення вантажів	Голіков А.О.	 03.12.2025
4. Оцінка морехідних якостей судна	Голіков А.О.	 03.12.2025
5. Аналіз точності та сучасні технології прогнозування тропічних циклонів	Голіков А.О.	 03.12.2025
6. Розрахунок економічних показників роботи судна в рейсі	Голіков А.О.	 03.12.2025
7. Охоронні заходи та цивільна оборона на судні	Голіков А.О.	 03.12.2025

7. Календарний план дипломної роботи магістранта

№ п/п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ. Характеристики судна	Вересень 2025	
2	Аналіз, оцінка та планування навігаційного переходу	Вересень 2025	
3	Обробка та розміщення вантажів	Жовтень 2025	
4	Оцінка морехідних якостей судна	Жовтень 2025	
5	Аналіз точності та сучасні технології прогнозування тропічних циклонів	Листопад 2025	
6	Розрахунок економічних показників роботи судна в рейсі	Листопад 2025	
7	Охоронні заходи та цивільна оборона на судні. Висновки	Листопад 2025	

8. Дата видачі завдання 02.09.2025

Керівник 

Завдання до виконання прийняв 

Магістерська робота містить 128 с., 48 використаних джерел.

В магістерській роботі виконано комплексне опрацювання та дослідження етапів переходу т/х «MSC Brunella» за маршрутом Кейптаун (Capetown) – Джебел Алі (Jebel Ali). Вантаж – 1222 контейнерів.

В роботі проведено аналіз, оцінка та планування навігаційного переходу. Було розраховано кількість вантажу, запасів для здійснення безпечного переходу. Проаналізовано точності та сучасні технології прогнозування тропічних циклонів. Проведено аналіз та розрахунок економічних показників роботи судна в рейсі.

Додатково розглянуто тему по охороні праці і навколишнього середовища та безпеки і охорони на морі.

Ключові слова: безпека судноплавства, сучасні засоби навігаційного обладнання, оцінка морехідних якостей судна.

The master's thesis consists of 128 pages and 48 references.

The thesis presents a comprehensive study and analysis of the voyage stages of the m/v "MSC Brunella" along the Cape Town – Jebel Ali route. The cargo consists of 1222 containers.

The work includes the analysis, assessment, and planning of the navigational passage. The cargo quantity and supplies required for a safe voyage were calculated. The accuracy and modern technologies of tropical cyclone forecasting were analyzed. An analysis and calculation of the vessel's economic performance indicators for the voyage were conducted.

Additionally, issues regarding occupational health, environmental protection, and maritime safety and security were examined.

Keywords: navigation safety, modern navigational equipment, assessment of vessel seaworthiness.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1.ХАРАКТЕРИСТИКИ СУДНА	8
1.1 Загальні відомості і головні розміри судна.....	8
1.2 Транспортно-експлуатаційні характеристик судна.....	10
1.3 Маневрені характеристики	11
1.4 Навігаційне обладнання	11
1.5 Забезпечення непотоплюваності.....	13
РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ, ОЦІНКА ТА ПЛАНУВАННЯ НАВІГАЦІЙНОГО ПЕРЕХОДУ	15
2.1 Загальні вимоги до аналізу та плануванню навігаційного переходу.....	15
2.2 Оцінка запланованого переходу.....	17
2.2.1 Підготовка для прийому та обміну навігаційною інформацією на переході..	20
2.2.2 Збір та аналіз гідрометеорологічної інформації	21
2.2.3 Збір та аналіз навігаційної інформації при прибережному плаванні ...	23
2.3 Навігаційні розрахунки для забезпечення безпеки плавання	28
2.3.1 Розрахунок ортодромії	28
2.3.2 Складання маршрутних листів	29
2.3.3 Графічний план переходу	30
2.3.4 Розрахунок природної освітленості	31
2.3.5 Розрахунок висот приливів та побудова графіків приливів	32
2.4 Висновок.....	35
РОЗДІЛ 3. ОБРОБКА ТА РОЗМІЩЕННЯ ВАНТАЖІВ.....	36
3.1 Транспортні характеристики вантажів	36
3.2 Підготовка вантажних приміщень до прийому вантажів та документальне оформлення морського перевезення.....	40
3.3 Розрахунок чистої вантажопідйомності судна	46
3.4 Складання вантажного плану	49
3.5 Характеристика експлуатаційних умов рейсу	49

РОЗДІЛ 4. ОЦІНКА МОРЕХІДНИХ ЯКОСТЕЙ СУДНА	52
4.1 Розрахунок водотоннажності й координат центра ваги судна.....	52
4.2 Розрахунки посадки і початкової остійності	58
4.3 Контроль остійності за матеріалами Інформації	62
4.4 Розрахунок і побудова діаграм остійності	63
4.5 Розрахунки нормованих параметрів остійності.....	67
4.6 Перевірка виконання рекомендацій ІМО критеріїв остійності.....	70
4.7 Контроль загальної повздовжньої міцності судна	70
РОЗДІЛ 5. АНАЛІЗ ТОЧНОСТІ ТА СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ	
ПРОГНОЗУВАННЯ ТРОПІЧНИХ ЦИКЛОНІВ.....	73
5.1. Загальні відомості про тропічні циклони	73
5.2. Регіони і умови виникнення тропічних циклонів.....	77
5.3 Аналіз прогнозування гідрометрцентрами руху та інтенсивності тропічних циклонів.....	81
РОЗДІЛ 6. РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ СУДНА В РЕЙСІ	99
РОЗДІЛ 7. ОХОРОННІ ЗАХОДИ І ЦИВІЛЬНА ОБОРОНА НА СУДНІ.....	113
ВИСНОВКИ	123
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	124

ВСТУП

Актуальність теми. Забезпечення безпеки судноплавства є одним із найважливіших завдань водного транспорту на сьогодні. Це набуває особливого значення під час таких операцій, як причалювання, швартування, заходження в шлюз або док, проходження вузькими фарватерами та плавання у складних умовах.

Аварійні ситуації на водному транспорті несуть значні ризики: загрозу людським життям, псування гідротехнічних споруд, пошкодження суден і вантажів, а також забруднення навколишнього середовища.

Мета. Аналіз рейсу судна MSC Brunella з боку навігаційної, вантажної та економічної складової безпеки мореплавства.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

- Опис характеристик судна MSC Brunella
- Аналіз, оцінка та планування переходу Кейптаун – Джебел Алі
- Аналіз та опис характеристик вантажу,. Розрахувати кількість вантажу, запасів для здійснення безпечного переходу.
- Оцінка морехідних якостей судна.
- Аналіз точності та сучасні технології прогнозування тропічних циклонів
- Аналіз та розрахунок економічних показників роботи судна в рейсі.

Об'єкт дослідження – рейс судна MSC Brunella

Предмет дослідження – опрацювання етапів рейсу судна MSC Brunella

Методи дослідження – методи емпіричного дослідження (опис, порівняння, спостереження), загальнологічні методи та прийоми дослідження.

Практичне значення роботи складається в можливості комплексно опрацьовувати, аналізувати та досліджувати етапи рейсу суден.

РОЗДІЛ 1

ХАРАКТЕРИСТИКИ СУДНА

1.1 Загальні відомості і головні розміри судна

В даному підрозділі надані основні відомості про судно.

Таблиця 1.1 – Основні відомості про судно

1.	Назва судна	MSC Brunella
2.	Тип судна	Full container carrier
3.	Позивний сигнал судна	CQEU8
4.	ІМО №	9702106
5.	MMSI №	255806491
6.	Рік і місце будівництва	2015, верф Dalian Shipbuilding Industry Group (Далянь, Китай)
7.	Клас реєстру	DNV (Det Norske Veritas)
8.	Порт приписки	Madeira
9.	Судновласник:	Concept Fortune Ltd
10.	Менеджмент:	MSC Shipmanagement Ltd
11.	Довжина найбільша,(L):	261.4 м
12.	Довжина між перпендикулярами, (L _{pp}): (м):	248.0 м
13.	Ширина найбільша,(B):	32.25 м
14.	Висота борту до верхньої палуби, (H):	19,2 м
15.	Найбільше осідання(T):	T _л =11,00; T _з =12,60
16.	Осадка (Т) в повному вантажу і порожньому:	T _{max} =13,00 ; T _{min} =3,00
17.	Водотоннажність: в повному вантажу Δ: порожньому Δ _o :	68059 mt 16314 mt
18.	Повна вантажопідйомність Δw:	51745 mt
19.	Головний двигун: тип: потужність: частота обертання:	DOOSAN-WARSILA 7RT-FLEX 96C; DOOSAN – SULZER; 36526 кВт; 98.5 об/хв

Продовження таблиці 1.1

20.	Режим роботи головного двигуна:	<table> <tr> <th></th><th>rpm</th><th>speed</th></tr> <tr> <td>Full ahead</td><td>62</td><td>17.9</td></tr> <tr> <td>Half ahead</td><td>50</td><td>14.2</td></tr> <tr> <td>Slow ahead</td><td>35</td><td>9.6</td></tr> <tr> <td>Dead Slow ahead</td><td>22</td><td>6.0</td></tr> <tr> <td>Dead slow astern</td><td>22</td><td></td></tr> <tr> <td>Slow astern</td><td>35</td><td></td></tr> <tr> <td>Half astern</td><td>50</td><td></td></tr> <tr> <td>Full astern</td><td>62</td><td></td></tr> </table>		rpm	speed	Full ahead	62	17.9	Half ahead	50	14.2	Slow ahead	35	9.6	Dead Slow ahead	22	6.0	Dead slow astern	22		Slow astern	35		Half astern	50		Full astern	62	
	rpm	speed																											
Full ahead	62	17.9																											
Half ahead	50	14.2																											
Slow ahead	35	9.6																											
Dead Slow ahead	22	6.0																											
Dead slow astern	22																												
Slow astern	35																												
Half astern	50																												
Full astern	62																												
21.	Швидкість судна:	23.9																											
22.	Гребний гвинт: кількість лопатей: діаметр та крок гвинта (мм): дискове відношення: напрямок обертання:	гвинт фіксованого кроку 6 7850x8275,8 мм 1.0542 правосторонній																											
23.	Тип руля и площа його пера:	Балансований RT 820/765 48.29 m ²																											
24.	Тип стернової машини: підрулюючий пристрій:	HATLAPA Rudder Carrier RT 820/765 NAKASIMA TCT-240																											
25.	Режим роботи головного двигуна:	98.5 RPM x 36526kW																											
26.	Суднова радіостанція: Склад суднової радіоапаратури відповідає вимогам району А3 та включає в себе	VHF/DSC (JRC JHS-32B) – 2 комп. MF/HF (JRC JSB-196GM) – 1 комп. NAVTEX (JRC NCR-333) – 1 комп. INMARSAT-C (JRC NDZ-127C1) – 2 комп. EPIRB (JOTRON, TRON 60S) – 1 комп. SART (JRC JQX 30A) – 2 комп. Переносний VHF (JRC JHS-7) – 3 комп.																											
27.	27. Валова реєстрова місткість (GRT):	40487 mt																											
28.	28. Чиста реєстрова місткість (NRT):	18771 mt																											
29.	29. Добова витрата палива: на ходу: Важке паливо (HFO) на стоянці: Дизельне паливо (DO)	125.0 (96 RPM) 5.3																											
30.	Координати центру мас порожнього судна:	Z=13,74 м X=118,587 м																											

1.2 Транспортно-експлуатаційні характеристики судна

Схематичний план бокового вигляду судна з розташуванням приміщень для вантажів і запасів, а також план верхньої палуби судна наведений на рис. 1.1.

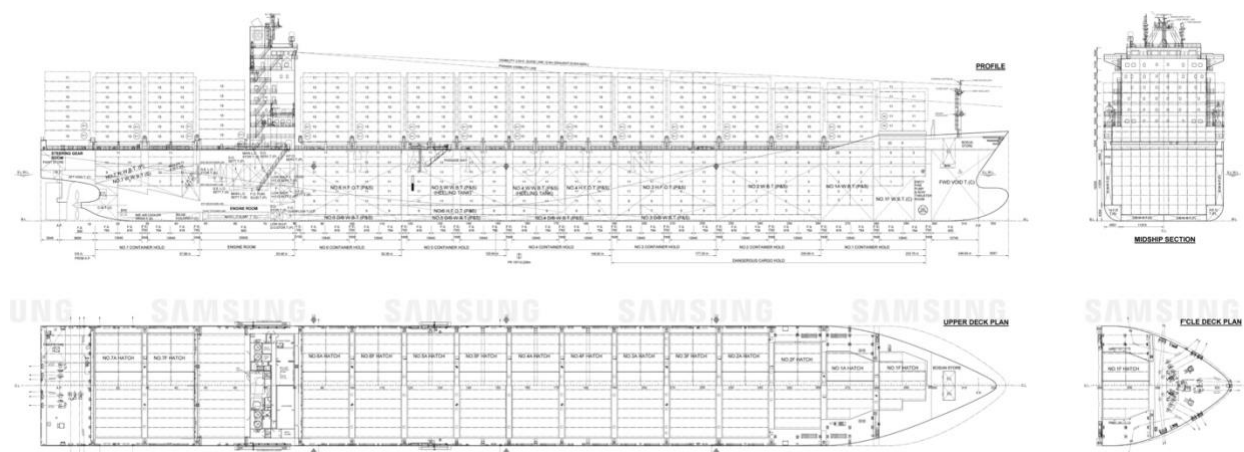


Рисунок 1.1 – План бокового вигляду та верхньої палуби судна

Приведена вантажна шкала судна на рис.1.2.

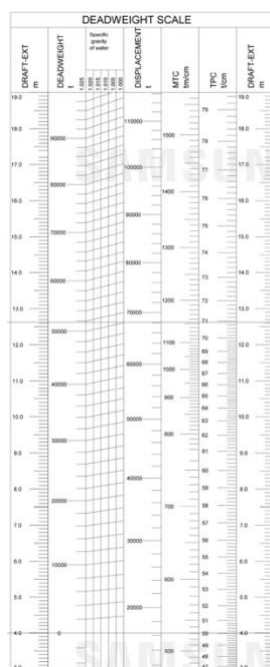


Рисунок 1.2 – Вантажна шкала судна

1.3 Маневрені характеристики

Маневрені характеристики, робота рульового пристрою, діаметр повороту, гальмівні характеристики наведені на рис 1.3 у вигляді "Wheelhouse poster", який виконаний відповідно до вимог ІМО.

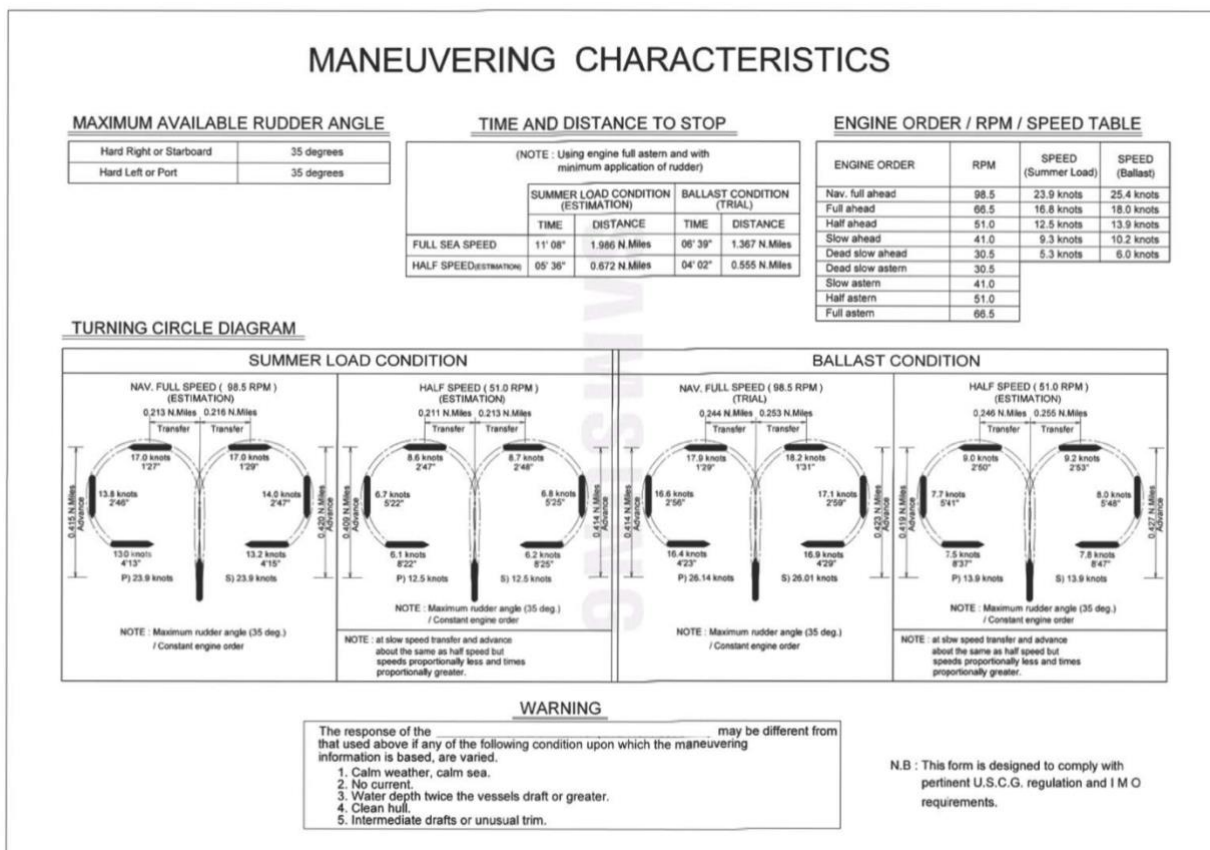


Рисунок 1.3 – Маневрені характеристики судна

1.4 Навігаційне обладнання

Навігаційне обладнання згідно з вимогами правила судна V/15 Конвенцій СОЛАС-74 наведено у формі табл.1.2.

Точносні характеристики ТЗН на судні наведені у формі табл. 1.3.

Таблиця 1.2 – Технічні засоби навігації

Прилад	Тип	Марка
ECDIS	G2 ECDIS	eGlobe
GPS/ DGPS	JHS-182	JRC
GPS	JLR-7800	JRC
RADAR X-BAND/ ARPA	JMA-9123-7XA	JRC
RADAR S-BAND/ ARPA	JMA-9133-SA	JRC
AIS	JHS-182	JRC
SPEED LOG	JLN-550 DOPPLER SONAR	JRC
ECHO SOUNDER	JFE-582	JRC
GYRO COMPASS	TG-8000	TOKYOKEIKI
MAGNETIC COMPASS	HB-165A-5	TOKYOKEIKI

Таблиця 1.3 – Точнісні характеристики ТЗН на судні

Тип і марка приладу	Навігаційні параметри	СКП одного вимірювання
JRC JHS-182	Позиція:	10 м/ 5 м
JRC LR-7800	Позиція:	10 м/ 5 м
JRC JMA-9123-7XA	Пеленг : Відстань :	1° 35 м
JRC JMA-9133-SA	Пеленг : Відстань :	1° 35 м
JRC JHS-182	Пеленг : Відстань : Курс цілі : Швидкість цілі :	0,4° 10 м 0,4° 0,3 вуз.
JRC JLN-550 DOPPLER SONAR	Швидкість :	0,2 вуз.
JRC JFE-582	Курс :	0,1°
TOKYOKEIKI TG- 8000	Курс :	0,1°
TOKYOKEIKI HB- 165A-5	Курс :	0,1°

1.5 Забезпечення непотоплюваності

Непотоплюваність судна забезпечується наступними факторами поперечними водонепроникними переборками, які підрозділяють судно на ізоляційні відсіки, що обмежують поширення води по всьому корпусу судна при пошкодженні обшивки в одному з відсіків. Також наявність подвійного дна судна, що при глибоких пошкодженнях обмежують находження води; наявність перетоків для перепуску води з одного відсіку в інший для ліквідації небезпечного крену судна.

Інформації про непотоплюваність та аварійний план повинне мати кожне судно на борту. Для того, щоб капітану та судовому екіпажу у випадку аварійної ситуації дати керівництво. Кожен член екіпажу повинен бути ознайомлений з буклетом інструкцій, здатний оцінити ситуацію та визначити необхідні дії.

Згідно до Інформації про непотоплюваність та аварійного плану судна ділення відсіків виконується 10-ма поперечними переборками на шпангоутах (починаючи з румпельного відділення) наведено на рис. 1.4.

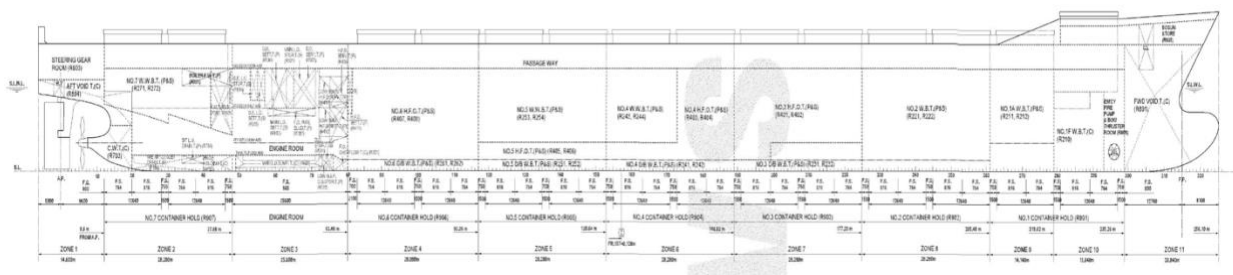


Рисунок 1.4 – Ділення на відсіки

Інформація про водовідливні та баластні засоби наведені у табл. 1.4.

Таблиця 1.4 – Водовідливні та баластні засоби

№ п/п	Назва обладнання	Кількість	Місткість (м ³ /год)
1	Баластний насос	2	500
2	Anti-Heeling pump	1	600
1	Пожежний насос	2	270
1	Аварійний пожежний насос	1	150

Судно має 7 вантажних трюмів, 19 баластних танків, 8 паливних танків, 2 танки прісної води. Також судно має 5 водонепроникних та 30 погодостійких дверей.

РОЗДІЛ 2

АНАЛІЗ, ОЦІНКА ТА ПЛАНУВАННЯ НАВІГАЦІЙНОГО ПЕРЕХОДУ

2.1. Загальні вимоги до аналізу та плануванню навігаційного переходу

Загальні вимоги до планування рейсу визначені Кодексом по підготовці та дипломуванню моряків і несенню вахти (ПДМНВ-95) в розділі А-VIII/2, частина 2, які формулюються таким чином:

1. Майбутній рейс повинен плануватися наперед, зважаючи на всю інформацію, що є до цього, а будь-який прокладений курс повинен бути перевірений до початку рейсу;

2. Старший механік мусить, проконсультувавшись з капітаном, визначити наперед потреби майбутнього рейсу, зважаючи на потреби в паливі, воді, змащувальних матеріалах, хімікатів, витратних і інших запасних частинах, інструментах, запасах та інші вимоги;

3. До початку кожного рейсу капітан кожного судна повинен забезпечити, щоб передбачуваний шлях з порту відходу до першого порту заходу планувався, використовуючи відповідні карти і іншу навігаційну допомогу, що необхідні для майбутнього рейсу, містять точну повну і відкоректовану інформацію відносно тих навігаційних обмежень і небезпек, які мають постійний або передбачений характер і які мають відношення до безпеки плавання судна;

4. Після закінчення перевірки запланованого шляху, зважаючи на всю інформацію, що відноситься до нього, 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 ухвалено рішення про зміну наступного порту заходу або якщо необхідно значно відхилитися від запланованого шляху з інших

причин, змінений шлях повинен опрацьовуватися наперед, до того як він буде значно змінений.

Планування переходу і його виконання включає чотири послідовні фази: Оцінка (Appraisal); Планування (Planning); Виконання (Execution); Контроль (Monitoring).

Оцінка майбутнього плавання проводиться на основі зібраної інформації, яку судноводій може зібрати з наступних джерел: Каталог карт і книг (Catalogue of Admiralty Carts and Publications Np131); Навігаційних карт (Charts) - необхідно з'ясувати, на якій картографічній основі складені карти, щоб підвищити достовірність прокладки на ній обсервацій, завдяки навігаційним супутникам; Океанські шляхи світу (Ocean Passage For the World) - містить інформацію про кліматичні особливості районів світу, про системи океанських течій; Маршрутні і лоцманські довідкові карти; Лоцїї (Pilot Books, Sailing Directions); Перелік вогнів і туманних сигналів (Admiralty List of Lights and Fog Signals); Таблиці приливів (Tide Tables); Сповіщення мореплавцям (Notices to Mariners); Інформація про радіосигнали (Radio Signal Information); Радіонавігаційні і місцеві попередження (Radio and Local Warnings); Посадка і остійність судна (Draft and Stability of Ship).

Планування переходу складається з трьох етапів: Трансокеанський перехід і відкриті морські води; Прибережні води і вузькості; Ділянки лоцманської проводки.

При плануванні трансокеанського переходу вибирають шлях з урахуванням оцінки майбутніх метеорологічних умов (клімату, погоди) за багаторічними даними, а також з урахуванням фактичної погоди і її прогнозу. Необхідно враховувати також океанські течії. Визначають відстань між портами, розраховують на перехід з урахуванням штормового запасу необхідну кількість бункера, змащувальних масел, води, провізії.

Прибережне плавання і плавання в обмежених водах вимагає значно більшої уваги. Шлях вибирають в стороні від небезпек з урахуванням систем розділення руху. Приймають до уваги національні вимоги і обмеження при

проходженні територіальних вод. Враховують час проходження найбільш складних ділянок, освітленість на цей час, дії приливних течій і т.п.

При плануванні плавання по ділянках лоцманської проводки необхідно враховувати маневрені елементи свого судна, співвідношення осідання і глибин під кілем, збільшення осідання від швидкості і від крену на повороті, зміна швидкості, необхідна для встановлення часу проходження, коли можуть виникнути обмеження при підході вночі або залежно від висоти приливу.

При виконанні переходу головним завданням є контроль за безпечним плаванням судна по маршруту, заданому попередньою прокладкою шляхом безперервного ведення виконавчої прокладки. Виконавча прокладка полягає у введенні числення шляху судна на картах, визначенні місця судна, періодичною корекцією обсерваціями числення шляху, нанесенні на карту зчислених і обсервованих місць судна.

Управління переходом покладається на капітана судна, який є координуючою ланкою при оцінці переходу, його плануванні і виконанні.

2.2. Оцінка запланованого переходу

Згідно Резолюції А.893 (21) Асамблеї ІМО оцінка запланованого переходу означає всебічне вивчення всієї інформації, що відноситься до передбачуваного рейсу або переходу.

У РІШСУ є параграф підготовка штурманської частини до рейсу. Підготовка судна до рейсу включає:

1. Укомплектовування встановленої суднової колекції навігаційними морськими картами, посібниками, книгами.
2. Отримання матеріалів для коректури суднової колекції.
3. Підбір навігаційних морських карт, допомоги, керівництва на майбутній перехід і їх коректура.
4. Підготовка технічних засобів навігації та при необхідності їх ремонт, поповнення ЗІПів, визначення їх поправок і параметрів.

5. Отримання інформації про мінну, льодову та гідрометеорологічну обстановку.

6. Вивчення району плавання, вибір маршруту і виконання попередньої прокладки, введення путівних крапок та іншої навігаційної інформації в прийомоіндикатори, в РНС і СНС.

7. Опрацювання вибраного маршруту переходу з штурманським складом.

8. Перевірка наявності інформації про маневрені характеристики судна.

9. Перевірка справності засобів звукової, світлової і аварійної сигналізації, термінів придатності піротехнічних засобів.

Спочатку по Catalogue of Admiralty Charts and Publications, який щорічно видається Гідрографією ВМС Британії, підбираємо всі необхідні на перехід навігаційні, допоміжні і довідкові карти, а також керівництва, посібники та інші публікації, які містять відомості корисні для забезпечення ефективного та безпечного рейсу

Відомості про підібрані карти і книги оформляємо у вигляді таблиць 2.1 і 2.2.

Таблиця 2.1 – Перелік карт на перехід

Тип карти	Номер	Назва карти
Електронна	ZA100010	ENC/ZA (General South Africa)
Електронна	ZA100020	ENC/ZA (General South Africa)
Електронна	ZA200020	ENC/ZA (Coastal)
Електронна	ZA200030	ENC/ZA (Coastal)
Електронна	ZA200040	ENC/ZA (Coastal)
Електронна	ZA200050	ENC/ZA (Coastal)
Електронна	ZA300100	ENC/ZA (Approach/Harbour)
Електронна	ZA300110	ENC/ZA (Approach/Harbour)
Електронна	GB104701	ENC/GB (Southern Indian Ocean)
Електронна	GB104703	ENC/GB (Northern Indian Ocean)
Електронна	GB302930	ENC/GB (Mozambique Channel)

Електронна	GB302931	ENC/GB (Mozambique Channel)
Електронна	GB302939	ENC/GB (Mozambique Channel)
Електронна	FR274860	ENC/FR (Mozambique Channel Islands)
Електронна	FR277970	ENC/FR (Mozambique Channel Islands)
Електронна	FR374900	ENC/FR (Mozambique Channel Islands)
Електронна	FR476790	ENC/FR (Mozambique Channel Islands)
Електронна	GB302964	ENC/GB (Gulf of Aden)
Електронна	GB302851	ENC/GB (Masirah to Strait of Hormuz)
Електронна	GB303171	ENC/GB (Strait of Hormuz)
Електронна	GB303739	ENC/GB (Jebel Ali Approaches)
Електронна	GB503739	ENC/GB (Jebel Ali Harbour)

Таблиця 2.2 – Перелік публікацій на перехід

Тип	Номер	Назва посібника
ADP (Лоція)	e-NP1	Africa Pilot Vol 1
ADP (Лоція)	e-NP3	Africa Pilot Vol 3
ADP (Лоція)	e-NP39	South Indian Ocean Pilot
ADP (Лоція)	e-NP63	Persian Gulf Pilot
ADP (Лоція)	e-NP64	Red Sea and Gulf of Aden Pilot
Книга	NP350(2)	Admiralty Distance Table Indian Ocean Vol 2
Книга	-	BMP 5 (Anti-Piracy)
Книга	NP100	Admiralty The Mariner's Handbook
Книга	NP314	Admiralty The Nautical Almanac
Книга	-	Guide to Port Entry (Vol 1-3)
Книга	NP735	Admiralty IALA Maritime Buoyage System
Книга	NP5012	Admiralty Guide to ENC Symbols used in ECDIS
Книга	NP231	Admiralty Guide to the Practical Use of ENCs
Книга	NP294	Admiralty How to keep your Admiralty Products Up to date
Книга	-	Brown's Nautical Almanac
Книга	-	COLREG

2.2.1 Підготовка для прийому та обміну навігаційною інформацією на переході

За допомогою посібника ALRS 283 визначаємо інформацію, яка потрібна для отримання факсимільних карт погоди на переході, які наведені в табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Радіостанції факсимільних гідрометеорологічних передач

N п/п	Радіостанція	Позначення і межа карти	Зміст передачі	Час передачі
1	Cape Town	36S – 31S 014E – 026E	Surface Analysis 24 & 48h Prognosis	11h 45m 12h 00m
2	Jebel Ali	23N – 27N 053E – 061E	Surface Analysis 24 & 48h Prognosis	08h 50m 09h 00m

За допомогою посібника ALRS 285 визначаємо інформацію про райони NAVAREA та станції NAVTEX, які потрібні на переході, які наведені в табл. 2.4.

Таблиця 2.4 – Райони NAVAREA, станції NAVTEX на переході

N п/п	Ділянка переходу	P-N NAVAREA	NAVTEX	NAVAREA
1	Indian Ocean	VII	CAPETOWN PORT ELIZABETH	South Africa
2	Persian Gulf	XI	QATAR ABU DHABI BAHRAIN	United Arab Emirates

За допомогою посібника ALRS 286 визначаємо інформацію про контрольні пости, райони, де здійснюється управління рухом суден постами СУРС (Reporting Areas), форми і способи подачі інформації, які потрібні на переході. З'ясовують деталі зв'язку з лоцманськими станціями і операторами терміналів у портах, які наведені в табл. 2.5.

Таблиця 2.5 – Зв'язок на переході, СУРС

N	Станція	Спосіб зв'язку	Канали, частоти	Примітки
1	Capetown Port Control	VHF	16, 14,12	15 min prior to departure
2	Capetown Port Control	VHF	16, 14,12	Radio calling Pt.4
3	Capetown Port Control	VHF	16, 14,12	Radio calling Pt.3
4	Capetown Port Control	VHF	16, 14,12	Radio calling Pt.2B
5	Capetown Port Control	VHF	16, 14,12	Radio calling Pt.1B
6	Jebel Ali Port Control	VHF	16, 69	Jebel Ali Port Control

Аналіз навігаційної інформації (табл. 2.3 – табл. 2.5) дозволяє констатувати, що використані інформаційні джерела достатньо забезпечують на переході безпечне плавання.

2.2.2 Збір та аналіз гідрометеорологічної інформації

Збір та аналіз гідрометеорологічної інформації дозволяє капітану та команді мосту дотримуватися плану проходження, який дозволяє уникнути найгірших погодних умов в інтересах безпеки та ефективності споживання палива.

Маршрутизація погоди передбачає рух погодних систем, пов'язаних із поганими умовами та бурхливим морем. Потім планується найбільш сприятливий маршрут з урахуванням цих систем.

Основні переваги погодних маршрутів: підвищена безпека; кращі умови для вантажів і пасажирів; економія палива та часу; загальне зниження витрат.

Метеорологічний маршрут є допоміжним засобом для навігації, і капітан повинен завжди враховувати інформацію про маршрут, а також застосовувати хорошу морську майстерність.

Безпека судна, його екіпажу та його вантажу або його пасажирів завжди повинна мати пріоритет над ЕТА.

Погодні умови на переході наведені у таб. 2.6 і таб. 2.7.

Таблиця 2.6 - Атмосферний тиск і розшифровка «роз вітрів»

Характеристики за ділянками	Capetown	Mozambique	Jebel Ali
Атмосферний тиск, гПа	1011	1016	1018
Направлення вітру	Повторюваність вітру, %	Повторюваність вітру, %	Повторюваність вітру, %
	Сумарна	Сумарна	Сумарна
N	5	7	27
NE	10	20	22
E	21	27	8

SE	25		18		7	
S	18		10		4	
SW	12		7		6	
W	5		5		7	
NW	4		6		19	
Результуючий вітер	направлення, у румбах	SE	направлення, у румбах	E	направлення, у румбах	N
	швидкість, м/с	13	швидкість, м/с	10	швидкість, м/с	10
Максимальна швидкість вітру, м/с	спостережена	25	спостережена	30	спостережена	15
	розрахункова	20	розрахункова	27	розрахункова	13
Повторюваність штилів, %	0		0		0	

Таблиця 2.7 - Видимість, водний і тепловий режими атмосфери, гідрологічні характеристики

Характеристики за ділянками		Ділянка №1	Ділянка №2	Ділянка №3
Температура повітря, °C		20	25	29
Температура води, °C		17	19	24
Відносна вологість, %		64	61	60
Повторюваність туманів, %		1	2	2
Видимість менше 2 міль		3	1	2
Хмарність, бали		4	4	3
Солоність води, ‰		30	25	35
Щільність води, г/см ³ (або кг/м ³)		1,025	1,025	1,025
Постійні течії	назва	Oman	Mozambique Channel	Agulhas
	направлення	WNW	SW	WNW
	швидкість, вузл.	2	2	2
	стійкість	≥35	≥25	≥35
Швидкість припливних течій, вузл		≥1,5	≥1	≥1
Висота хвиль, м	середня	≥1	≥2,5	≥1
	максимальна	1,5	4	1,5
Період хвиль, с		7	5	4

2.2.3 Збір та аналіз навігаційної інформації при прибережному плаванні

Порт Кейптаун розташований на східному узбережжі Південної Африки за координатами 29° 52' S, 031° 02' E. Це найбільший порт країни, який обслуговує контейнерні, генеральні, сухі та наливні вантажі, пасажирські судна, а також проектні та важкі вантажі. Порт захищений північними та південними хвилерізами, довжиною 335 м і 700 м відповідно .

Місця лоцманської проводки:

Лоцманська проводка обов'язкова для всіх суден і доступна 24/7. Зустріч із лоцманом здійснюється за 3 морські милі на північний схід від входу до порту по лінії навігаційних вогнів. У світлий час доби лоцмани прибувають на судна за допомогою гелікоптера, якщо не узгоджено інше. У нічний час посадка лоцманів здійснюється на пілотний катер .

Якірні стоянки:

Якірні стоянки знаходяться на північ та схід від входу до порту. Заборонено ставати на якір у зоні радіусом 0,75 морських миль від маяка Fairway Buoy, а також у вхідному каналі та інших зонах, позначених на офіційних картах.

Інфраструктура порту

Глибини: Вхідний канал має глибину 12,8 м (від рівня CD) і ширину 122 м. Внутрішні канали та басейни - до 12,2 м.

Термінали: Порт має численні контейнерні, наливні та суховантажні термінали з високою продуктивністю завантаження та розвантаження.

Лоцманські катери: Швидкісні катери з радарми та системою VHF забезпечують безпеку операцій .

Прісна вода: Доставка прісної води здійснюється через трубопроводи на всіх причалах зі швидкістю 50 т/год.

Пальне: Пальне та дизельне паливо доступні через трубопроводи на основних причалах. Існує також можливість заправки за допомогою барж .

Контроль порту: VHF канал 16, робочий канал 12.

Медичні послуги: Невідкладна допомога доступна за попередньою домовленістю через агента.

Документи для підготовки перед заходом у порт Кейптаун:

1. Суднова роль (Crew List).
2. Список пасажирів (Passenger List).
3. Манифест вантажів (Cargo Manifest).
4. Декларація про вантаж (Cargo Declaration).
5. Список небезпечних вантажів (Dangerous Goods List).
6. Декларація суднових запасів (Ship's Stores Declaration).
7. Декларація дьюті-фрі товарів (Bonded Stores Declaration).
8. Декларація про валюту (Currency Declaration).
9. Морська санітарна декларація (Maritime Health Declaration).
10. Список щеплень (Vaccination List).

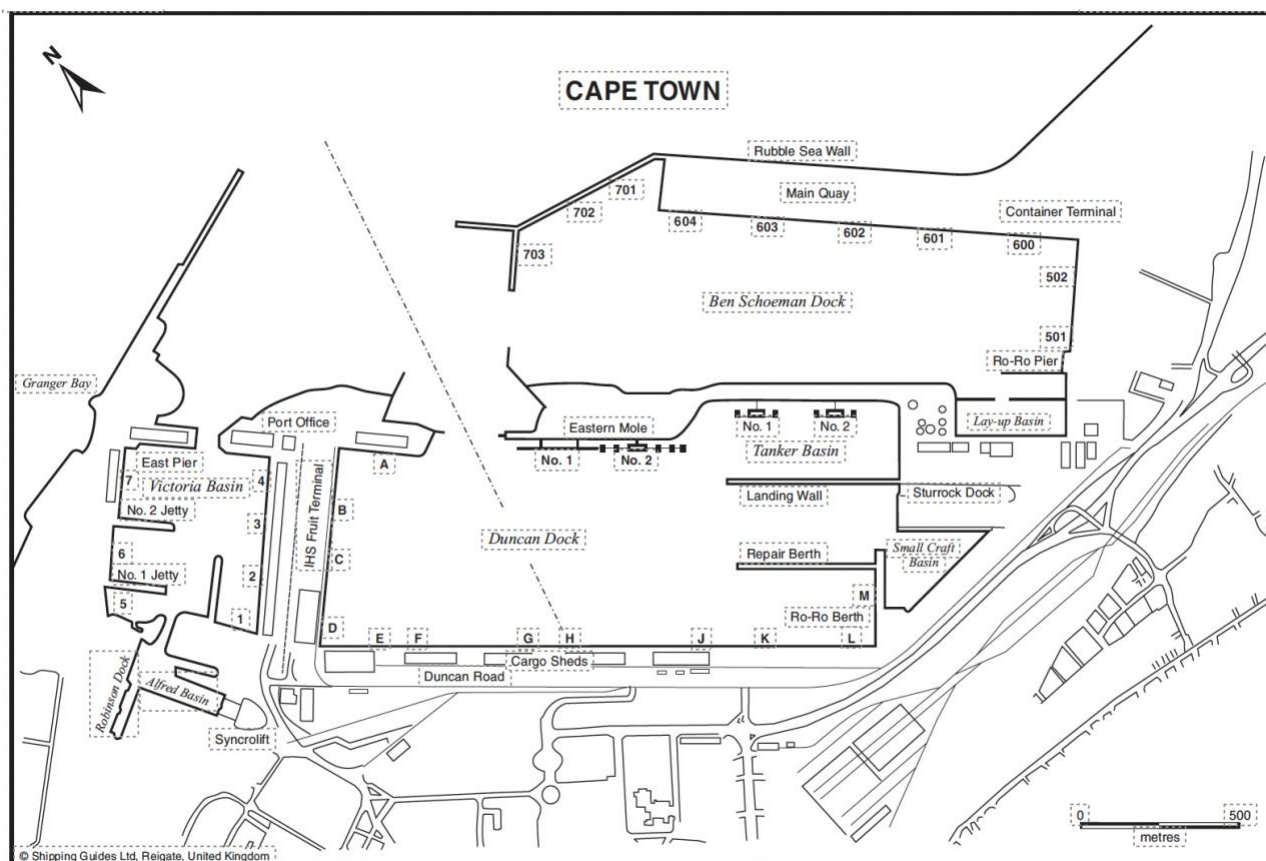


Рисунок 2.2 – План порту Cape town

Порт Джебел Али (Jebel Ali) розташований у Об'єднаних Арабських Еміратах і має стратегічне значення для регіональної та міжнародної торгівлі. Це багатофункціональний порт, який обслуговує контейнерні, генеральні, наливні вантажі, а також судна, що перевозять спеціалізовані вантажі. Порт оснащений сучасними перевантажувальними механізмами та забезпечує широкий спектр послуг, включаючи бункерування, ремонт суден і логістичну підтримку.

Місця лоцманської проводки:

Лоцманська проводка обов'язкова для всіх суден. Зв'язок із лоцманами здійснюється через VHF-канал, згідно з інструкціями порту. Лоцман піднімається на судно у визначеній зоні, зазвичай поблизу входу до порту. Для забезпечення безпеки руху та швартування необхідно заздалегідь замовляти послуги лоцмана через портового агента.

Якірні стоянки:

Якірні стоянки розташовані за межами входу до порту. Зони для якоріння позначені на офіційних картах порту. У зонах якірної стоянки необхідно дотримуватися правил безпеки, уникаючи забруднення навколишнього середовища. Судна, що перевозять небезпечні вантажі, можуть потребувати спеціальних дозволів для стоянки на якорі.

Документи перед прибуттям:

1. Маніфест вантажу.
2. Список екіпажу.
3. Список пасажирів (якщо є).
4. Список небезпечних вантажів.
5. Свідоцтво про реєстрацію судна.
6. Сертифікат конструктивної безпеки.
7. Міжнародне свідоцтво про тоннаж.
8. Сертифікат вантажопідйомного обладнання.
9. Поліс страхування та сертифікат P&I.
10. Морська санітарна декларація.
11. Декларація суднових запасів.
12. Декларація дьюті-фрі товарів.

Особливості

Порт працює 24/7 і має ефективну систему управління рухом суден. Для отримання дозволу на вхід необхідно заздалегідь надати всі документи через портового агента. Враховуйте метеорологічні умови та обмеження, пов'язані з операціями в порту.

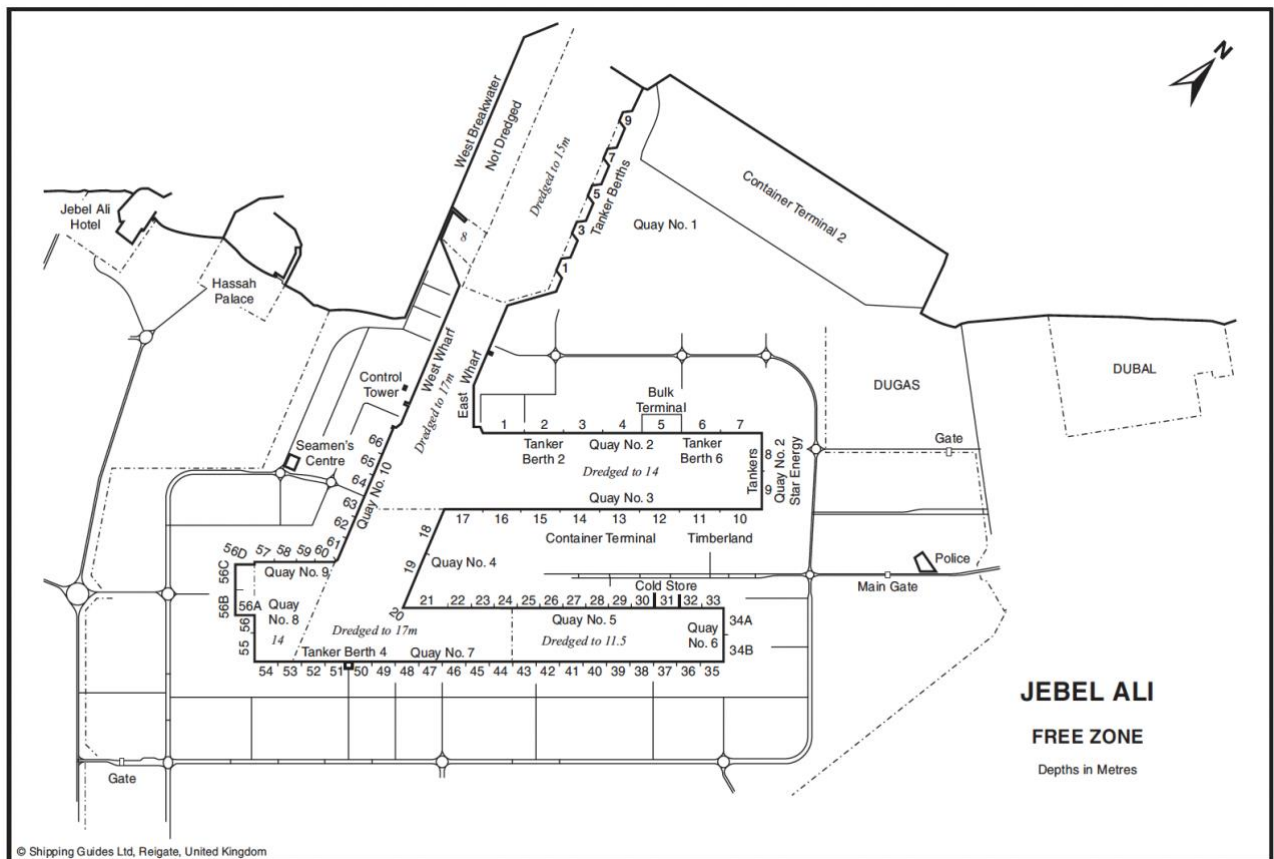


Рисунок 2.2 – План порту Jebel Ali

Засоби навігаційного обладнання на переході наведені у вигляді табл. 2.10.

Таблиця 2.10 – Засоби навігаційного обладнання

№	Name	Position		Characteristics	Range
		φ	λ		
1	Dunkan Dock	33°55,3' S	018°25,7' E	Oc W 3s	20 nm
2	Green Point	33°54,1' S	018°24,0' E	FL W 10s + Horn 30 s	25 nm
3	Cape of Good Hope	34°21,4' S	018°29,8' E	Fl (2+1) W 30s; F R	32 nm; 15 nm
4	Tadmur	26°28,6' N	056°32,3' E	Fl (2) W 10s	23 nm
5	Crescent island	25°18,7' N	054°39,6' E	Fl W 10s	11 nm
6	Abu Musa Summit	25°53,1' N	055°02,1' E	Fl W 8 s	9 nm

Список засобів навігаційного обладнання на переході охоплює весь район плавання.

2.3 Навігаційні розрахунки для забезпечення безпеки плавання

2.3.1 Розрахунок ортодромії

Рейс є фактичним, тому в якості прикладу, виконаємо розрахунок локсодромії і ортодромії аналітичним способом для найдовшої ділянки переходу. Задаємося відповідними координатами: ① $\varphi_H = 21^\circ 04' \text{ S}$, $\lambda_H = 038^\circ 57' \text{ E}$.
②. $\varphi_K = 22^\circ 25' \text{ N}$, $\lambda_K = 060^\circ 06' \text{ E}$.

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

φ_K	+ 22°25'
-	-
φ_H	- 21° 04'
$\Delta \varphi$	43°29' (к N)

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

λ_K	+060°06' E
-	-
λ_H	- 038°57'
$\Delta \lambda$	021°09' (к E)

3. Знаходимо різницю меридіональних частин (m):

$$m = 3437,75 * \ln[\operatorname{tg} (45 + \varphi_K./2) / \operatorname{tg} (45 + \varphi_H./2)]$$

$$m = 2660,82.$$

4. Визначаємо локсодромічний курс по формулі:

$$K_L = 360^\circ * \arccos (m / ((m^2 + \Delta \lambda^2)^{0,5}))$$

$$K_L = 025,3^\circ.$$

5. Розраховуємо локсодромічну відстань:

$$S_{\text{л}} = \Delta\varphi / \cos K_{\text{л}} = 2889,8 \text{ милі.}$$

6. Розраховуємо довжину ортодромії за формулою:

$$D = \arccos (\sin \varphi_{\text{н}} \sin \varphi_{\text{к}} + \cos \varphi_{\text{н}} \cos \varphi_{\text{к}} \cos \Delta\lambda).$$

$$D = 2889,6 \text{ милі.}$$

7. Визначаємо доцільність плавання по ортодромії:

$$\Delta D = S_{\text{л}} - D.$$

$$\Delta D = 2889,8 - 2889,6 = 0,2 \text{ миль}$$

Висновок: Після виконаних розрахунків можливо зробити висновки, що при плаванні у Індійському океані різниця між локсодромією і ортодромією не суттєва і складає 0,2 милі. З цього приводу ми можемо зазначити, що маршрут плавання судна буде протікати по локсодромії.

2.3.2 Складання маршрутних листів

Згідно з рекомендаціями ІМО, при розробці навігаційного переходу треба скласти таблицю маршруту. Після того, як таблиця маршруту буде завершена, елементи запланованого маршруту, такі як швидкість, час, відстань і ймовірне споживання палива, можна перевірити на розрахунки, зроблені під час оцінки. На цьому етапі можна виділити будь-які значні відмінності та за потреби змінити план. Це дозволить отримати важливі деталі, з якими можна зробити обчислення швидкості, часу та відстані. Ці розраховані значення використовуватимуться оператором для керування швидкістю та приблизним прибуттям як у точках маршруту, так і в кінцевому пункті призначення під час етапу моніторингу.

Особливо важливим є значення, введене для ХТД, оскільки саме воно визначає межі для перевірки маршруту. Це необхідно ретельно розглянути, щоб забезпечити достатній простір у морі у разі бокового відриву від маршруту або відхилень для уникнення зіткнення.

Waypoint Identification			Waypoint Legs						Track Information			Distances		
WP #	R/S	WP Name	Lat1	Lat2	Lat3	Long1	Long2	Long3	Course	Track	Margin	Gone	To next WP	To Go
0	R	BERTH CPT	33°	54.525 S		18°	26.726 E			RL	50 m	0.0 nm	0.0 nm	4887.7 nm
1	R	WP2	33°	54.474 S		18°	26.404 E		281°	RL	50 m	0.0 nm	1.3 nm	4887.7 nm
2	R	WP3	33°	54.280 S		18°	26.184 E		317°	RL	50 m	1.3 nm	0.6 nm	4886.4 nm
3	R	WP4	33°	53.868 S		18°	25.241 E		007°	RL	50 m	1.9 nm	0.4 nm	4885.8 nm
4	R	PILOT OFF	33°	52.720 S		18°	25.992 E		347°	RL	50 m	2.3 nm	1.2 nm	4885.4 nm
5	R	WP6	33°	51.252 S		18°	25.889 E		359°	RL	500 m	3.5 nm	1.5 nm	4884.2 nm
6	R	WP7	33°	51.203 S		18°	21.576 E		271°	RL	500 m	5.0 nm	3.6 nm	4882.7 nm
7	S	WP8	33°	51.762 S		18°	18.739 E		257°	RL	500 m	8.6 nm	2.4 nm	4879.1 nm
8	S	WP9	33°	59.537 S		18°	13.123 E		211°	RL	500 m	11.0 nm	9.1 nm	4876.7 nm
9	S	WP10	34°	17.737 S		18°	13.793 E		178°	RL	500 m	20.1 nm	18.2 nm	4867.6 nm
10	S	WP11	34°	29.145 S		18°	23.080 E		146°	RL	500 m	38.3 nm	13.7 nm	4849.4 nm
11	S	WP12	34°	57.298 S		19°	37.040 E		115°	RL	500 m	52.0 nm	67.1 nm	4835.7 nm
12	S	WP13	34°	58.037 S		20°	06.674 E		092°	RL	500 m	119.1 nm	24.4 nm	4768.6 nm
13	S	WP14	34°	42.676 S		21°	04.401 E		072°	RL	500 m	143.5 nm	49.9 nm	4744.2 nm
14	S	WP15	34°	23.476 S		24°	23.880 E		083°	RL	500 m	193.4 nm	165.9 nm	4694.3 nm
15	S	WP16	34°	21.244 S		25°	25.332 E		088°	RL	500 m	359.3 nm	50.9 nm	4528.4 nm
16	S	WP17	34°	10.876 S		26°	19.442 E		077°	RL	500 m	410.2 nm	46.0 nm	4477.5 nm
17	S	WP18	33°	09.160 S		28°	06.242 E		055°	RL	500 m	456.2 nm	108.4 nm	4431.5 nm
18	S	WP19	32°	18.200 S		29°	06.196 E		045°	RL	500 m	564.6 nm	71.7 nm	4323.1 nm
19	S	WP20	31°	31.757 S		30°	02.723 E		046°	RL	500 m	636.3 nm	66.8 nm	4251.4 nm
20	S	WP21	31°	09.480 S		30°	23.064 E		038°	RL	500 m	703.1 nm	28.2 nm	4184.6 nm
21	S	WP22	29°	00.310 S		32°	19.329 E		038°	RL	500 m	731.3 nm	163.6 nm	4156.4 nm
22	S	WP23	21°	04.408 S		38°	57.411 E		037°	RL	500 m	894.9 nm	596.2 nm	3992.8 nm
23	S	WP24	18°	01.606 S		41°	11.446 E		035°	RL	500 m	1491.1 nm	221.8 nm	3396.6 nm
24	S	WP25	16°	50.414 S		42°	19.853 E		043°	RL	500 m	1712.9 nm	96.5 nm	3174.8 nm
25	S	WP26	14°	54.002 S		44°	11.258 E		043°	RL	500 m	1809.4 nm	158.0 nm	3078.3 nm
26	S	WP27	13°	32.137 S		45°	18.870 E		039°	RL	500 m	1967.4 nm	104.7 nm	2920.3 nm
27	S	WP28	10°	00.012 S		47°	06.639 E		027°	RL	500 m	2072.1 nm	236.1 nm	2815.6 nm
28	S	WP29	9°	37.559 S		47°	18.186 E		027°	RL	500 m	2308.2 nm	25.1 nm	2579.5 nm
29	S	WP30	1°	40.163 S		51°	49.961 E		030°	RL	500 m	2333.3 nm	546.8 nm	2554.4 nm
30	S	WP31	1°	13.608 N		52°	58.097 E		022°	RL	500 m	2880.1 nm	185.9 nm	2007.6 nm
31	S	WP32	10°	17.484 N		57°	13.451 E		025°	RL	500 m	3066.0 nm	598.0 nm	1821.7 nm
32	S	WP33	14°	14.542 N		58°	21.018 E		016°	RL	500 m	3664.0 nm	245.1 nm	1223.7 nm
33	S	WP34	22°	25.473 N		60°	06.085 E		012°	RL	500 m	3909.1 nm	499.1 nm	978.6 nm
34	S	WP35	22°	34.795 N		60°	05.966 E		359°	RL	500 m	4408.2 nm	9.3 nm	479.5 nm
35	S	WP36	22°	44.506 N		59°	56.513 E		318°	RL	500 m	4417.5 nm	13.0 nm	470.2 nm
36	S	WP37	23°	44.997 N		58°	40.516 E		311°	RL	500 m	4430.5 nm	92.4 nm	457.2 nm
37	S	WP38	25°	02.949 N		56°	54.765 E		309°	RL	500 m	4522.9 nm	123.9 nm	364.8 nm
38	S	WP39	25°	32.862 N		56°	44.143 E		342°	RL	500 m	4646.8 nm	31.3 nm	240.9 nm
39	S	WP40	26°	24.723 N		56°	42.154 E		358°	RL	500 m	4678.1 nm	51.7 nm	209.6 nm
40	S	WP41	26°	30.223 N		56°	40.211 E		342°	RL	500 m	4729.8 nm	5.8 nm	157.9 nm
41	S	WP42	26°	37.330 N		56°	35.217 E		328°	RL	500 m	4735.6 nm	8.4 nm	152.1 nm
42	S	WP43	26°	37.483 N		56°	28.068 E		271°	RL	500 m	4744.0 nm	6.4 nm	143.7 nm
43	S	WP44	26°	35.636 N		56°	20.845 E		254°	RL	500 m	4750.4 nm	6.7 nm	137.3 nm
44	S	WP45	26°	05.978 N		55°	46.303 E		226°	RL	500 m	4757.1 nm	42.9 nm	130.6 nm
45	S	WP46	25°	42.224 N		55°	14.326 E		231°	RL	500 m	4800.0 nm	37.3 nm	87.7 nm
46	R	WP47	25°	32.509 N		55°	00.764 E		232°	RL	500 m	4837.3 nm	15.6 nm	50.4 nm
47	R	JEBEL ALI PILOT	25°	09.109 N		54°	54.041 E		195°	RL	50 m	4852.9 nm	24.1 nm	34.8 nm
48	R	WP49	25°	02.193 N		55°	01.870 E		134°	RL	50 m	4877.0 nm	9.9 nm	10.7 nm
49	R	WP50	25°	01.564 N		55°	02.392 E		143°	RL	50 m	4886.9 nm	0.8 nm	0.8 nm
50	R	BERTH T2	25°	01.599 N		55°	03.738 E		088°	RL	50 m	4887.7 nm	1.2 nm	0.0 nm

Рисунок 2.7 –Маршрутний лист

2.3.3 Графічний план переходу

Графічний план переходу зображений на рис. 2.8.



Рисунок 2.8 – Графічний план переходу

2.3.4 Розрахунок природної освітленості

На безпеку мореплавання природна освітленість грає важливу роль. Для вахтового помічника капітана необхідно знати час настання сутінків, час заходу і сходу Сонця і Місяця. Для проходження небезпечних ділянок, входу або виходу в портах. У таб. 2.11 наведено елементи освітленості на початок, середину та кінець рейсу.

Проводимо розрахунок елементів освітленості на 14.11.2024.

$\varphi = 33^{\circ}55' \text{ S}$, $\lambda = 018^{\circ}27' \text{ E}$ по Nautical Almanac 2024.

Twilight		Sunrise		Sunset		Twilight	
LMT	08h 30m	LMT	07h 29m	LMT	17h 34m	LMT	16h 33m
$+\Delta T_\phi$	0	$+\Delta T_\phi$	0	$+\Delta T_\phi$	0	$+\Delta T_\phi$	0
$+\Delta T_\lambda$	-	$+\Delta T_\lambda$	-	$+\Delta T_\lambda$	-	$+\Delta T_\lambda$	-
C. LMT	08h 30m	C. LMT	07h 29m	C. LMT	17h 34m	C. LMT	16h 33m
$\pm \lambda$	- 01 14	$\pm \lambda$	- 01 14	$\pm \lambda$	- 01 14	$\pm \lambda$	- 01 14
GMT	07h 16m	GMT	06h 15m	GMT	16h 20m	GMT	15h 19m
$\pm ZD$	+ 2	$\pm ZD$	+ 2	$\pm ZD$	+ 2	$\pm ZD$	+ 2
ZT	09h 16m	ZT	08h 15m	ZT	18h 20m	ZT	17h 19m

Таблиця 2.11 – Елементи освітленості

Date	Twilight	SUN				Twilight	MOON		
		Sunrise	Z	Sunrise	Z		Moonrise	Age	Moonset
		ZT	Z	ZT	Z		ZT		ZT
14.11	09:16	08:15	092°	18:20	284°	17:19	00:45	20(69%)	10:15
21.11	10:11	09:08	093°	18:59	284°	17:56	04:31	27(8%)	18:01
28.11	07:06	06:15	110°	19:13	284°	18:22	11:13	5(27%)	22:29

Елементи освітленості виконані на дати переходу.

2.3.5 Розрахунок висот приливів та побудова графіків приливів

Умови припливів і відливів у портах відправлення та призначення повинні бути з'ясовані на випадок, якщо необхідно досягти певних приливних вікон, які можуть обмежити час відправлення та прибуття. Це залеже від необхідного мінімального зазору під кілем (УКС), вертикального зазору над головою, сили приливного потоку або течії та будь-яких правил порту. Звернення до «Таблиць припливів», «Атласів припливів і відливів» і відповідних «Напрямків плавання». Розрахунок надається в таблицях 2.12 та 2.13.

Таблиця 2.12 – Приливні явища в порту Capetown

Port	Capetown	Date	14.11.2024	Time Zone	+2
Port	Time		Height		
	Low	High	Low	High	Range
	00:37	06:26	0,7	1,3	0,6
	23:54	18:37	0,7	1,2	0,5
Seasonal change			+0,3	+0,3	
Duration	05:49				
	05:17				

Таблиця 2.13 – Приливні явища в порту Jebel Ali

Port	Jebel Ali	Date	28.11.2024	Time Zone	+4
Port	Time		Height		
	Low	High	Low	High	Range
	08:06	03:58	0,9	1,3	0,4
	22:37	14:52	0,1	1,9	1,8
Seasonal change			+0,2	+0,2	
Duration	04:08				
	07:45				

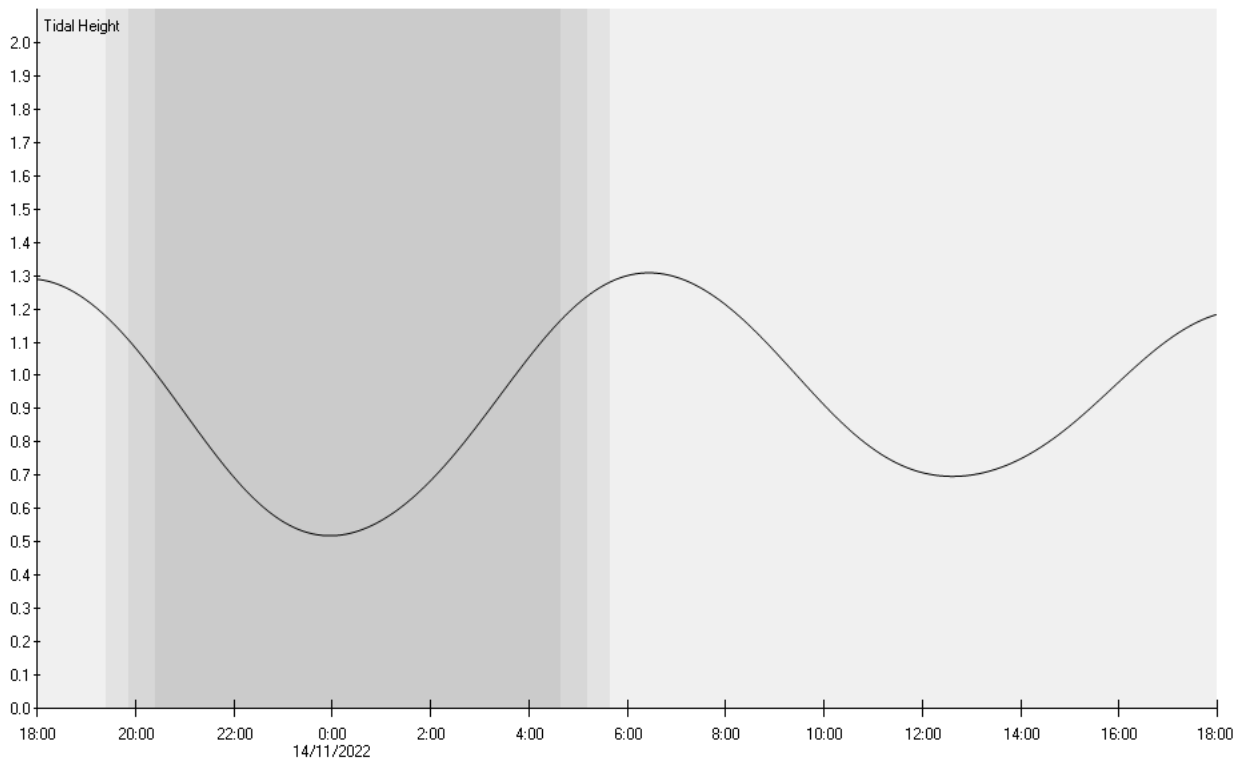


Рисунок 2.9 – Графік приливів для порту Capetown

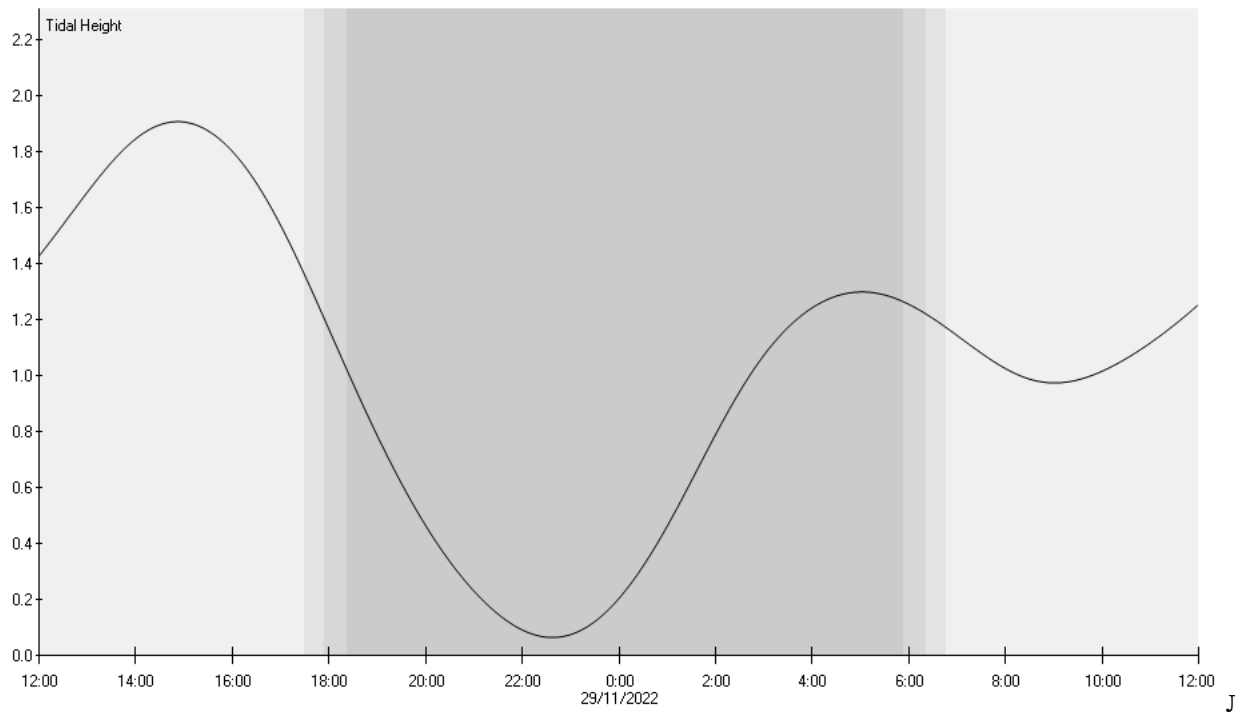


Рисунок 2.10 – Графік приливів для порту Jebel Ali

Висновки

Безпека на всьому переході забезпечена за допомогою навігаційної оцінки. В основу навігаційної оцінки входила така інформація як, підготовка для прийому та обміну навігаційної інформації, збір та аналіз навігаційної інформації при прибережному плаванні, гідрометеорологічна, розрахунки для забезпечення безпеки плавання, складання таблиці маршруту, графічного плану переходу, розрахунки освітленості, розрахунок висот приливів та побудова графіків приливів, контроль запасу води під кілем і вибір безпечної швидкості на мілководді.

РОЗДІЛ 3

ОБРОБКА І РОЗМІЩЕННЯ ВАНТАЖУ

3.1. Транспортні характеристики вантажів

Розрахунок вантажного плану та детальне вивчення транспортних характеристик і властивостей вантажів є одним з важливих етапів підготовки до перевезення та своєчасної і бережної доставки вантажу.

Контейнери. Конструкція вантажного контейнера забезпечує збережене перевезення вантажів одним або декількома видами транспорту, що досягається достатньою міцністю контейнера протягом встановленого терміну служби. Основними типами контейнерів, які використовуються в перевезеннях, є контейнери типорозмірів IC і ICC, а також IA і IAA. Контейнери типорозмірів ICC і IAA мають висоту 2591 мм (8,5 футів), а контейнери типорозмірів IC і IA - 2438 мм (8,0 футів). Найважливішими експлуатаційними параметрами контейнерів є внутрішні розміри, такі як ширина дверного отвору (2286 мм), висота (для ICC і IAA - 2261 мм, для IC і IA - 2134 мм) і внутрішній об'єм, а також маса перевезеного вантажу, яка разом з тарою контейнера становить масу брутто.

До перевезення представлені 20-ти футові і 40-ка футові контейнери. Всі контейнери закриті і опечатані, їх вміст не відомий.

На кришках люків контейнери укладаються в певну кількість рядів і ярусів утворюючи тим самим блоки. Взаємне розташування контейнерів має бути таким, щоб воно забезпечувало достатній доступ для суднового або берегового персоналу, що виконує кріплення або інспекцію контейнерів, для цього судно зпроектовано з перехідними містками між рядами контейнерів. Контейнери закріплюють за допомогою замикаючих елементів кріплення – твістлоків, які встановлюються в нижніх кутах кожного ярусу для запобігання горизонтального і вертикального зсуву контейнерів. На додаток до цього

використовуються вертикальні і діагональні елементи кріплення. Оптимальним кріпленням є затягування під кутом 45 градусів до основи штабеля хрест-навхрест. Максимальна кількість ярусів контейнерів, які можна встановити на палубі обмежена умовою достатнього огляду з навігаційного містка, вказана у судовій документації і для цього судна становить сім ярусів.

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

Таблиця 3.1 – Транспортні характеристики вантажів

№ п/п	Найменування вантажу	Кількість, шт	Маса партії груза, 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'	665	10219,5	GP	-	-	-	-	-	1000	1200
2	Контейнери 40'	537	11114,5	GP	-	-	-	-	-		
3	Контейнери 40'	15	275,1	RS	-	-	-	-	-		
4	Контейнери 40'	5	140,8	GP	1993	3		Category A	F-E, S-E		
5	Контейнери 40'	15	357,9	GP	3166	9		Category A	F-E, S-E		
Всього		1222	22049,9								

Незалежно від призначення всі контейнери стандартизовані по масі брутто, габаритам, розмірам, а також по конструкції приєднувальних пристроїв до рухомого складу залізничного та автомобільного транспорту і до захватних

органів вантажно-розвантажувальних машин. Це дозволяє здійснювати з мінімальними витратами часу і праці змішані перевезення різними видами транспорту, реалізуючи принцип "від дверей до дверей". Хоча габаритні параметри контейнерів для перевезення вантажів морем все ж можуть несуттєво відрізнятися, залежно від оператора морської лінії. Тому для отримання таких даних потрібно зв'язуватись з представником оператора і ознайомитись з публічною інформацією компанії оператора.

Типи і види контейнерів, а також їх призначення.

Контейнери для звичайних вантажів «general cargo» – контейнери для вантажів загального призначення (сухих вантажів). Такі контейнери добре захищають вантаж від негоди, мають жорсткі стіни, дах і підлогу. Оснащені дверима.

Контейнери для специфічних «specific cargo». Завантаження може проходити без використання дверей. Ще такі контейнери можуть використовуватися в якості вентиляційних шахт.

Закритий вентиляований контейнер «Closed ventilated container». Використовується для перевезення вантажів, які повинні бути закриті і не можуть протистояти підвищеній вологості. Схожий на звичайний контейнер для сухих вантажів, але зі спеціально розробленою фізичною або механічною (примусовою) системою вентиляції.

Відкритий згори контейнер «Open top container». Схожий на звичайний контейнер для сухих вантажів, але не має жорсткого даху. Може оснащуватися знімним дахом (наприклад з тенту, пластика або металопластику), яка підтримується на знімних або зсувних дугах. Відкритий зверху контейнер використовується для машин, листового скла, та інших важких, громіздких або довгих вантажів, які неможливо завантажувати через двері.

Відкрита платформа «Flat Rack». Не має надбудови - бічних стінок і несучих конструкцій. Відкрита платформа оснащена верхніми і нижніми кутовими фітингами. Кутові фітинги служать для кріплення контейнера і

вантажу. Відкрита платформа використовується для машин, пиломатеріалів та інших важких і великих вантажів.

Термоконтейнери та рефрижератори «Thermal container, reefer». Відрізняються гарною теплоізоляцією стін, дверей, даху, підлоги. Захищають вантаж від зниження або, навпаки, підвищення температури до небажаних показників. Такі контейнери використовуються для перевезення швидкопсувних товарів, як м'ясо, фрукти і овочі.

Наливні контейнери «Tank container». Використовуються для перевезення газів, рідин і хімічних речовин.

Контейнер для сухих сипучих вантажів «Dry bulk container». Застосовується для перевезення сухих речовин навалом без упаковки. Наприклад, зерно або сухі хімічні речовини. Такий контейнер складається з вантажної структури і міцно закріплений в рамках міжконтейнерного простору.

Контейнер тільки для одного виду вантажів «Named cargo types». Різні підвиди спеціалізованих контейнерів, такі як автомобільний контейнер (тільки для перевезення автомобілів) і контейнер тільки для тваринництва (для перевезення великої рогатої худоби і птиці) і ін.

Типи і умовні позначення морських суховантажних контейнерів:

ST «Standart», GP «General Purpose» и DV «Dry Van» –стандартні морські суховантажні універсальні контейнери;

HC «High Cube» – високий контейнер;

PW «Pallet Wide» – контейнер ширший за стандартний;

OT «Open Top» - контейнер з відкритим верхом з брезентового тенту;

HT «Hard Top» - контейнер з відкриваємим металевим дахом;

UP «Upgraded» - посилений контейнер підвищеної міцності;

FR «Flat Rack» и PL «Platform» - контейнер-платформа;

REF - контейнер-рефрижератор.

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

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

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

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

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.

Вимоги до суднового обладнання:

- стаціонарні конструкції ячеєстого типу, фундаменти, рими й деталі кріплення контейнерів у трюмах і на палубах повинні бути в справному стані;
- знімні засоби кріплення - різні замки, конуси, стяжки, найтови, упори, розпірки й т.п. повинні бути в справному стані й у кількості, що відповідає затвердженим схемам кріплення з 10-процентним запасом.

Припустимо число ярусів контейнерів визначається схемами, розробленими з врахуванням:

- вимог до остійності судна;
- навантажень, що допускаються, на судові конструкції;
- навантажень, що допускаються, на контейнери;
- навантажень, що допускаються, на засоби кріплення контейнерів.

У випадку, якщо контейнери виступають за люкові кришки або інші опорні палубні конструкції, повинні бути передбачені додаткові опори, що сприймають навантаження від контейнера й розносять їх по палубних зв'язках.

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 судових 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, який має такі основні форми: чартер, коносамент, букінг-нот, бере-нот і фиксчур-нот.

Договором морської перевезення вантажів в трамповому судноплавстві є чартер (charter party), у лінійному - коносамент (Bill of Lading).

Договір морського перевезення вантажу повинен бути складений у письмовій формі.

Наявність і зміст договору морського перевезення можуть підтверджуватися чартером, коносаментом чи іншими письмовими доказами. При перевезеннях по чартеру для розміщення вантажу надається судно або його певна частина. Цю форму договору застосовують при перевезеннях масових вантажів. У чартері детально обумовлюють зміст договору та взаємні зобов'язання сторін: найменування та техніко - експлуатаційні характеристики

судна, рід вантажу, його транспортні особливості і кількість, порти вантаження і вивантаження, терміни готовності судна під навантаження, фрахт, порядок розрахунку сталійного часу і т. д. Умови чартеру погоджують фрахтівник і перевізник, при цьому вони є обов'язковими тільки для партнерів і лише на період даної операції. В даний час налічується понад 400 проформи чартерів, які охоплюють всі основні вантажопотоки масових вантажів.

Як договір морського перевезення при дрібних відправках генеральних вантажів в лінійному судноплавстві використовують коносамент. На відміну від чартеру умови лінійного коносамента розробляє судноплавна компанія (конференція) односторонньо, без узгодження з власниками вантажу, і вони є єдиними для всіх відправників і діють протягом тривалого часу.

Важливою особливістю перевезень за коносаментом є те, що лінійні компанії, як правило, приймають вантаж до перевезення раніше часу до підходу судна (забезпечують його зберігання на своїх складах, виробляють комплектацію судових партій та підготовку вантажних документів). Завантаження/вивантаження оплачується судовласником і організовується на причалах лінії.

Коносамент - один з головних документів в операціях, пов'язаних з використанням морських суден. З юридичного боку коносамент є:

- розпискою перевізника про приймання вантажу зазначеного роду, в зазначеній кількості і
- надбання;
- доказ укладення договору перевезення;
- товаророзпорядчий документ, який дозволяє його власнику розпоряджатися вантажем.

В іноземному праві вказується, що для видачі коносамента потрібно, перш за все, фактичне вручення вантажу перевізнику, передача йому фізичного володіння вантажем і контроль над ним.

Видача коносамента допускається тільки після приймання вантажу до перевезення. Він видається один раз для перевезення даної партії вантажу.

Вторинна видача коносаментів по одному і тому ж вантажу допустиме лише за умови повернення перевізнику перш виданих відправнику примірників. Недотримання цього правила призводить до майнової відповідальності перевізника. Коносамент виписується на кожну окрему партію вантажу, прийнятого на судно.

Застосовуються два види коносаментів в залежності від часу їх видачі відправнику: для вантажу, прийнятого до перевезення (received for shipment), і для вантажу, прийнятого на борт (on board або shipped on board).

Перший вид практикується при базисному умови ФАС і при лінійних перевезеннях, коли вантаж приймається на склад для подальшої відправки на черговому судні за розкладом. В результаті, вантажовідправник отримує можливість мати на руках товаророзпорядчий документ і розпоряджатися ним на свій розсуд.

Бортовий коносамент видається на навантажений на борт товар. У ряді випадків умови контракту вимагають, щоб на коносаменті була ще додатковий напис: "на борту" ("on board"). Коносамент містить такі реквізити:

- найменування судна;
- найменування перевізника;
- порт і країна навантаження;
- порт і країна розвантаження;
- найменування відправника;
- найменування одержувача.

При цьому передбачаються такі варіанти:

– конкретне найменування одержувача. У цьому випадку коносамент називається іменним. Застосовується він у тому разі, коли товар вже проданий і відправлений за адресою одержувача;

– коносамент на пред'явника. У цьому випадку графа "вантажодержувач" не містить жодних вказівок, і вантаж видається тому, хто його пред'явить;

– коносамент може бути виписаний "наказом відправника" або "наказу одержувача". У цьому випадку коносамент носить назву ордерного. У графі "найменування отримувача" має бути вказано: "to order of..." і далі найменування організації відправника або одержувача.

У практиці міжнародної торгівлі переважають ордерні коносаменти, оскільки вони полегшують передачу прав на вантаж. Іменні ж коносаменти виписуються рідше, переважно на цінні вантажі.

Штурманська розписка є посвідченням судновласника до прийняття товару до перевезення. Виписує цей документ помічник капітана на підтвердження отримання конкретної партії вантажу на борт судна. Розписка описує видимий стан товарів та дозволяє перевізнику видати коносамент. В ній відображаються результати перевірки, яка проводиться контролерами судновласника при прийомі товару для завантаження або під час довантаження. Це ні товаророзподільчий документ. На прохання відправника він може бути замінений коносаментом.

Чартерний (фрахтовий) коносамент - документ, який інкорпорується шляхом посилання окремі з умов чартер-партії. Але коносамент, виданий по чартеру, який не включає умови чартеру за договором з одержувачем вантажу або індосатом, не є фрахтовим коносаментом.

Делівері-ордер - товаророзпорядчий документ, що видається перевізником або вантажоодержувачем з підтвердженням капітаном судна. Використовується у разі продажу вантажоодержувачем товару до того, як він прийняв поставку. Товар може бути куплений різними покупцями, на кожен з них виписується делівері-ордер на відповідну частину товару.

Таймшит - документ - відомість обліку часу стоянки судна (сталійного часу), передбаченого чартером на проведення вантажних операцій. Він складається в кожному порту навантаження та розвантаження судна, підписується капітаном і представником фрахтувальника. Служить підставою для розрахунку за диспачу і демереджу. У таймшиті фіксуються всі виробничі операції і непродуктивні простой за час стоянки судна в порту. У ньому

зазначаються: найменування порту і судна; дата та час прибуття судна та вручення судна нотиса про готовність до навантаження (розвантаження); дата та час фактичного початку та закінчення вантажних робіт; тривалість і причини перерв у роботі; норма вантажних робіт по чартеру.

Морська накладна (лінійна накладна, океанська накладна) - документ, який підтверджує наявність договору перевезення вантажу морським шляхом та прийняття чи завантаження вантажу перевізником і по якому перевізник зобов'язується доставити вантаж вантажоодержувачу, зазначеному в документі. Накладна не є ні оборотним, ні товаророзпорядчим документом, вантаж видається зазначеному в ній вантажоодержувачу. До накладної додаються необхідні товаросупровідні документи.

Комерційний акт - документ, складений перевізником, або його представником, що засвідчує факт нестачі, псування або пошкодження вантажу при його видачі одержувачу в пункті призначення. Він фіксує розмір, характер та причини несхоронності вантажу і є підставою для покладення матеріальної відповідальності на перевізника.

Маніфест - перелік вантажів, прийнятих на судно, який складають окремо для кожного порту призначення на основі відомостей, вказаних в коносаменті. Він оформляється для митниці. По кожній партії вантажів в маніфесті наводять такі дані: номер коносамента, маркування та кількість вантажних місць, рід вантажу, його масу і об'єм, найменування відправника та одержувача, загальну суму нарахованого фрахту і фрахт, сплачений відправником.

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

Прийом і здача контейнерів проводиться за їх кількістю, з зовнішнім оглядом контейнерів і перевіркою цілісності пломб первинних вантажовідправників, стану закриттів і без зважування. У перевізних документах вказуються відтиски знаків на пломбах. У разі виявлення в момент передачі технічної несправності контейнера, в результаті якої міг мати місце доступ до

вантажу або можлива його псування, а також при виявленні пошкодження або відсутності пломб, або невідповідності знаків і номерів на пломбах даним, зазначеним у перевізних документах, прийом або здача контейнерів здійснюється з перевіркою знаходиться в контейнері вантажу. Така перевірка проводиться комісією, що складається з представників вантажовласника, перевізника та митниці. Слід мати на увазі, що перевізник має право у будь-який час розкрити контейнер і перевірити його вміст. Якщо при цьому буде виявлено, що вантаж в контейнері не може бути перевезений безпечно, без пошкодження або додаткових витрат з боку перевізника, останній може відмовитися від перевезення.

3.3. Розрахунок чистої вантажопідйомності судна.

Міжнародна Конвенція про вантажну марку 1966 року встановлює мінімальну висоту надводного борту для морських транспортних суден в залежності від району та сезону плавання, яка вказується в Міжнародному свідоцтві про вантажну марку (International Load Line Certificate), що видається на судно.

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

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

Перехід Кейптаун – Джебель-Алі починається в зоні дії літньої вантажної марки і закінчується в зоні дії тропічної вантажної марки без обмежень по осадці.

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

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

$$\Delta_p = 68059 \text{ т.}$$

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

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

де Δ_0 – водотоннажність судна порожнього, т.

$$\Delta_w = 68059 - 16314 = 51745 \text{ т}$$

Ходовий час визначається за формулою:

$$t_p = S/(V_s \cdot 24) + t_{зп},$$

де V_s - швидкість судна;

S - протяжність траси переходу, милі;

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

$$t_p = 4887,7/(17,0 \cdot 24) + 0,05 = 12,03 \text{ доби.}$$

Нормативна тривалість стоянкового часу розраховується за формулою:

$$t_{ст} = \frac{N}{M},$$

де N – кількість контейнерів, шт;

M – валова норма вантажних робіт, шт/добу.

$$t_{ст} = 1222/1200 = 1,0 \text{ доби}$$

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

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

Кількість ходових запасів складає суму:

$$P_{зап}^x = P_{вп}^x + P_{дп}^x + P_{в}^x + P_{см}^x;$$

де $R_{вп}^x$, $R_{дп}^x$, $R_{в}^x$, $R_{м}^x$ - відповідно кількість важкого палива, дизельного палива, води й мастила необхідна на перехід від порту навантаження до порту вивантаження з урахуванням штормового запасу.

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

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

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

де $q_{вп}^x, q_{дп}^x, q_{в}^x, q_{м}^x$ – добова норма витрачання важкого палива, води і мастила на ходу судна відповідно, т/добу;

$t_{шт}$ – штормовий час, діб.

Штормовий час визначається за допомогою Системи управління безпекою (СУБ) компанії і становить 3 доби.

$$R_{вп}^x = 89,5 \cdot (12,03 + 3) = 1345,2 \text{ т}$$

$$R_{в}^x = 6 \cdot (12,03 + 3) = 90,2 \text{ т}$$

$$R_{см}^x = 0,3 \cdot (12,03 + 3) = 4,5 \text{ т}$$

$$R_{зап}^x = 1345,2 + 90,2 + 4,5 = 1439,9 \text{ т}$$

Аналогічно знаходять кількість стоянкових запасів:

$$R_{зап}^{ст} = R_{дп}^{ст} + R_{в}^{ст} + R_{см}^{ст};$$

$$R_{дп}^{ст} = q_{дп}^{ст} \cdot t_{ст};$$

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

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

де $q_{дп}^{ст}, q_{в}^{ст}, q_{см}^{ст}$ – добова норма витрачання дизельного палива, води і масла на стоянці судна відповідно, т/добу.

$$R_{дп}^{ст} = 5,3 \cdot 1,0 = 5,3 \text{ т}$$

$$R_{в}^{ст} = 6 \cdot 1,0 = 6,0 \text{ т}$$

$$R_{см}^{ст} = 0,05 \cdot 1,0 = 0,05 \text{ т}$$

$$R_{зап}^{ст} = 5,3 + 6,0 + 0,05 = 11,35 \text{ т}$$

$$R_{зап} = 1439,9 + 11,35 = 1451,25 \text{ т}$$

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 2283,1т; дизельного палива 102,1т; води 263 т; мастила 212,3 т, інших запасів 76,4 т.

Усього $P_{\text{зап}} = 2936,9$ т

За рейс буде витрачено 1076,7 т важкого палива, 72,2 т води і 3,6 т мастила.

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

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

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

$$\Delta_{\text{ч}} = 51745 - 2936,9 - 461,3 = 48316,8 \text{ т}$$

Значення чистої вантажопідйомності судна визначає максимальну кількість вантажу, яку судно може взяти 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.4.3.

3.5. Характеристика експлуатаційних умов рейсу.

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

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

Відстань між портами: $S = 4887,7$ милі.

Порт відходу: Кейптаун (Південна Африка).

Густина води $\rho = 1,025$ т/м³.

У порту Кейптаун діє літня вантажна марка.

Порт Кейптаун розташований на південно-західному узбережжі Південної Африки ("Столова бухта").

Ремонт: У порту знаходиться сухий док Sturrock та ремонтні причали. Існує низка фірм, здатних проводити значні ремонтні роботи корпусу та механізмів. Пропонуються послуги професійних водолазів для підводного огляду та очищення корпусу.

Прісна вода: Доставка прісної води здійснюється через трубопроводи на всіх причалах. Швидкість накачування — 50 т/год. Судна повинні забезпечити власні шланги для використання.

Бункеровка: Пальне та дизельне паливо доступні через трубопроводи на основних причалах. Також існує можливість заправки за допомогою барж. Бункер не поставляється поза межі гавані.

Державні свята: День Нового року (1 січня), День прав людини (21 березня), Страсна п'ятниця, День сім'ї, День свободи (27 квітня), День працівника (1 травня), День молоді (16 червня), Національний день жінок (9 серпня), День спадщини (24 вересня), Різдво (25 грудня), День доброї волі (26 грудня).

Робочі години:

Порт працює 24 години на добу, 7 днів на тиждень.

Зміни: 06.00-14.00 годин, 14.00-22.00 годин, 22.00-06.00 годин.

Понаднормові роботи доступні за попереднім запитом.

Порт приходу: Джебель Алі (Об'єднані Арабські Емірати).

Густина води $\rho = 1,025$ т/м³.

В порту Джебель Алі діє тропічна вантажна марка.

Порт Джебель Алі розташований на узбережжі Перської затоки, на південний захід від Дубая.

Ремонт: Порт оснащений сучасними механізмами та забезпечує широкий спектр послуг, включаючи ремонт суден. У регіоні доступні великі сухі доки та спеціалізовані майстерні для навігаційного та механічного ремонту.

Прісна вода: Доступна біля причалів через гідранти або за допомогою автомобільних цистерн/барж за попереднім замовленням через агента.

Бункеровка: Порт надає послуги бункерування. Паливо доступне як біля причалів (через трубопровід на спеціалізованих терміналах), так і за допомогою бункерувальних барж на якірній стоянці.

Державні свята: Новий рік (1 січня), Ід аль-Фітр (закінчення Рамадану), День Арафат, Ід аль-Адха, Мусульманський Новий рік, День народження Пророка, День пам'яті (30 листопада), Національний день ОАЕ (2 грудня).

Робочі години:

Порт працює у режимі 24/79.

Адміністративні офіси: Понеділок-П'ятниця, 07.30-15.30.

Вантажні операції проводяться цілодобово без перерв на вихідні та свята (можуть застосовуватися підвищені тарифи у святкові дні).

РОЗДІЛ 4

ОЦІНКА МОРЕХІДНИХ ЯКОСТЕЙ СУДНА

4.1. Розрахунок водотоннажності й координат центра ваги судна

Координати центру ваги запасів і запасу в частково заповнених танках визначаються по фактичному заповненню з використанням каліброваних таблиць танків приведених в Інформації про остійність № PF30301.

Абсциси відраховуються від кормового перпендикуляру. 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 $\rho = 0,980 \text{ т/м}^3$						
NO.3 HEAVY FUEL O.P	809,2	232,8	157,42	3,83	36647	892
NO.3 HEAVY FUEL O.S	809,2	324,6	158,89	4,50	51576	1461
NO.4 HEAVY FUEL O.P	967,6	435,5	128,41	3,31	55923	1442
NO.4 HEAVY FUEL O.S	967,6	442,8	128,41	3,36	56860	1488
NO.5 HEAVY FUEL O.P	865,4	358,2	106,95	2,39	38309	856
NO.5 HEAVY FUEL O.S	865,4	336,9	106,98	2,29	36042	772
HFO SERVICE P	168,0	73,5	61,40	11,92	4513	876
HFO SETTLING P	156,9	78,8	61,41	6,93	4839	546
Всього моторного палива		2283,1	124,7	3,65	284709	8333
Дизельне паливо $\rho = 0,900 \text{ т/м}^3$						
DIES.O.STORAGE S	156,8	24,3	54,99	0,76	1336	18

Продовження табл. 4.1

1	2	3	4	5	6	7
DO SERVICE P	74,8	46,8	53,88	12,39	2522	580
DO SETTLING P	68,5	31,0	49,88	12,38	1546	384
Всього дизельного палива		102,1	52,93	9,62	5404	982
Мастило $\rho = 0,900 \text{ т/м}^3$						
MAIN LO SETTLING S	65,9	61,2	48,29	12,10	2955	741
MAIN LO SUMP C	49,0	15,3	48,01	0,76	735	12
G/E LO STORAGE S	13,2	12,1	42,68	12,73	516	154
G/E LO SETTLING S	13,5	12,1	44,28	12,73	536	154
CYLIND.O.STORAGE S	91,0	81,9	61,88	11,39	5068	933
LOW SUL.CYLIND.O.S	42,6	29,7	61,88	11,98	1838	356
Всього мастила		212,3	54,87	11,07	11648	2350
Прісна вода $\rho = 1,000 \text{ т/м}^3$						
BOILER FRSH W.P	56,8	19,0	32,35	13,34	615	253
FRESH WATER P	257,2	122,0	35,61	8,71	4344	1063
FRESH WATER S	314,1	122,0	35,61	8,71	4344	1063
Всього прісної води		263,0	35,37	9,05	9303	2379
Інші танки						
FO OVERFLOW C	49,2	19,0	32,35	13,34	615	253
S/T COOL.W.C	52,9	10,0	13,75	1,45	138	15
BILGE HOLDING C	120,0	29,0	34,79	0,65	1009	19
SEP.BILGE P	84,5	6,0	52,79	0,57	317	3
PURIF.SLUDGE P	16,8	10,0	51,08	8,61	511	86
ME AIR COOL.DRAIN C	6,8	2,0	26,12	0,07	52	0
ER B/W AFT C	11,7	0,2	17,36	1,62	3	0
ER B/W FWD P	4,4	0,1	62,67	0,92	6	0
ER B/W FWD S	4,4	0,1	62,67	0,91	6	0
Всього		76,4	34,78	4,92	2657	376
ВСЬОГО ЗАПАСІВ		2936,9	106,82	4,91	313721	14420

Таблиця 4.2- Розподіл запасів на прихід

Найменування цистерн	Місткі- сть, т	Маса, т	Плечі, м		Моменти, тм	
			x	z	M _x	M _z
1	2	3	4	5	6	7
Моторне паливо $\rho = 0,980 \text{ т/м}^3$						
NO.4 HEAVY FUEL O.P	967,6	166,2	128,41	1,26	21342	209
NO.4 HEAVY FUEL O.S	967,6	192,8	128,41	1,46	24757	281
NO.5 HEAVY FUEL O.P	865,4	358,2	106,95	2,39	38309	856
NO.5 HEAVY FUEL O.S	865,4	336,9	106,98	2,29	36042	772
HFO SERVICE P	168,0	73,5	61,40	11,92	4513	876
HFO SETTLING P	156,9	78,8	61,41	6,93	4839	546
Всього моторного палива		1206,4	107,59	2,93	129802	3540
Дизельне паливо $\rho = 0,900 \text{ т/м}^3$						
DIES.O.STORAGE S	156,8	24,3	54,99	0,76	1336	18
DO SERVICE P	74,8	46,8	53,88	12,39	2522	580
DO SETTLING P	68,5	31,0	49,88	12,38	1546	384
Всього дизельного палива		102,1	52,93	9,62	5404	982
Мастило $\rho = 0,900 \text{ т/м}^3$						
MAIN LO SETTLING S	65,9	59,2	48,29	11,92	2859	706
MAIN LO SUMP C	49,0	15,3	48,01	0,76	735	12
G/E LO STORAGE S	13,2	12,1	42,68	12,73	516	154
G/E LO SETTLING S	13,5	12,1	44,28	12,73	536	154
CYLIND.O.STORAGE S	91,0	81,9	61,88	11,39	5068	933
LOW SUL.CYLIND.O.S	42,6	28,1	61,88	11,91	1739	335
Всього мастила		208,7	54,88	10,99	11453	2294
Прісна вода $\rho = 1,000 \text{ т/м}^3$						
BOILER FRSH W.P	56,8	19,0	32,35	13,34	615	253
FRESH WATER P	257,2	85,9	35,61	8,39	3059	721

Продовження табл. 4.2

1	2	3	4	5	6	7
FRESH WATER S	314,1	85,9	35,61	8,39	3059	721
Всього прісної води		190,8	35,29	8,88	6733	1695
Інші танки						
FO OVERFLOW C	49,2	19,0	32,35	13,34	615	253
S/T COOL.W.C	52,9	10,0	13,75	1,45	138	15
BILGE HOLDING C	120,0	29,0	34,79	0,65	1009	19
SEP.BILGE P	84,5	6,0	52,79	0,57	317	3
PURIF.SLUDGE P	16,8	10,0	51,08	8,61	511	86
ME AIR COOL.DRAIN C	6,8	2,0	26,12	0,07	52	0
ER B/W AFT C	11,7	0,2	17,36	1,62	3	0
ER B/W FWD P	4,4	0,1	62,67	0,92	6	0
ER B/W FWD S	4,4	0,1	62,67	0,91	6	0
Всього		76,4	34,78	4,92	2657	376
ВСЬОГО ЗАПАСІВ		1784,4	87,45	4,98	156049	8887

Розподіл вантажів представлено в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3– Розподіл вантажу на судні

№ Бея	Кількість, шт	Маса, т	Плечі, м		Моменти, тм	
			x	z	M _x	M _z
1	2	3	4	5	6	7
01	2	23,4	230,36	14,62	5390	342
03	9	108,2	224,16	16,53	24254	1789
05	10	170,4	216,20	12,02	36840	2048
07	27	420,8	210,07	15,83	88397	6661
09	4	37,5	202,17	4,96	7581	186
11	7	76,8	195,97	5,46	15050	419
13	26	365,2	188,06	10,38	68680	3791
15	32	519,3	181,88	10,52	94450	5463

Продовження табл. 4.3

1	2	3	4	5	6	7
17	22	395,2	173,92	8,76	68733	3462
19	26	457,8	167,78	8,45	76810	3868
21	60	842,3	159,79	10,46	134591	8810
23	60	840,1	153,62	10,43	129056	8762
25	23	239,4	145,88	4,68	34924	1120
27	23	238,9	139,70	4,65	33374	1111
29	25	402,5	131,58	7,86	52961	3164
31	25	403,1	125,40	7,78	50549	3136
33	8	116,8	117,49	4,81	13723	562
35	8	117,9	111,32	4,83	13125	569
37	46	796,4	103,24	10,83	82220	8625
39	46	789,9	97,06	10,79	76668	8523
41	24	340,1	88,98	6,95	30262	2364
43	24	356,7	82,80	7,04	29535	2511
45	54	893,1	74,89	11,48	66884	10253
47	50	834,9	68,70	11,52	57358	9618
57	14	273,6	19,59	13,88	5360	3798
59	10	159,2	13,40	15,35	2133	2444
Всього 20'	665	10219,5	127,10	10,12	1298908	103399
02	37	611,4	227,26	26,58	138947	16251
06	34	865,8	213,14	23,62	184537	20450
10	5	89,4	199,07	22,65	17797	2025
14	20	463,8	184,97	18,52	85789	8590
18	68	1745,6	170,85	17,48	298236	30513
22	30	444,8	156,70	22,85	69700	10164
26	69	864,9	142,79	21,65	123499	18725
30	5	84,9	128,49	15,93	10909	1352
34	84	2115,6	114,42	15,35	242067	32474

Продовження табл. 4.3

1	2	3	4	5	6	7
38	46	1118,1	100,15	20,55	111978	22977
42	42	785,5	85,89	19,58	67467	15380
46	28	643,7	71,80	15,93	46218	10254
50	6	183,5	44,46	20,33	8158	3731
54	24	601,3	34,13	15,11	20522	9086
58	38	719,9	16,50	20,52	11878	14772
62	21	492,2	2,08	23,95	1024	11788
Всього 40'	557	11830,4	121,61	19,32	1438726	228532
Всього вантажу	1222	22049,9	124,16	15,05	2737634	331931

Розподіл баласту представлено в табл.4.4.

Таблиця 4.4.– Розподіл баласту

Найменування цистерн	Місткість, т	Маса, т	Плечі, м		Моменти, тм	
			x	z	M _x	M _z
NO.2 WATERBALLAST P	1435,0	1350	190,65	6,74	257378	9099
NO.2 WATERBALLAST S	1435,0	1350	190,65	6,74	257378	9099
NO.4 DB WATERB.P	556,2	556,2	134,77	0,85	74959	473
NO.4 DB WATERB.S	556,2	556,2	134,77	0,85	74959	473
NO.5 DB WATERB.P	558,5	558,5	106,57	0,85	59519	475
NO.5 DB WATERB.S	558,5	558,5	106,57	0,85	59519	475
NO.5 WING WB P	1078,7	419,8	106,51	7,82	44713	3283
NO.5 WING WB S	1078,7	211,6	106,51	6,07	22538	1284
NO.7 WING WB P	603,5	445,2	18,78	8,72	8361	3882
NO.7 WING WB S	603,5	353,7	18,78	6,92	6642	2448
ВСЬОГО БАЛАСТУ:		6359,7	136,16	4,87	865966	30991

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

Таблиця 4.5 – Зведені дані і розрахунок водотоннажності на відхід

Найменування статей навантаження	Маса, т	Плечі, м		Моменти, тм	
		x	z	M _x	M _z
Судно порожнє	16314,1	104,61	12,85	1706618	209636
Константа	461,3	115,47	20,13	53266	9286
Суднові запаси	2936,9	106,82	4,91	313721	14420
Вантаж	22049,9	124,16	15,05	2737634	331931
Баласт	6359,7	136,16	4,87	865966	30991
ВСЬОГО	48121,9	117,98	12,39	5677205	596264

Таблиця 4.6 – Зведені дані і розрахунок водотоннажності на прихід

Найменування статей навантаження	Маса, т	Плечі, м		Моменти, тм	
		x	z	M _x	M _z
Судно порожнє	16314,1	104,61	12,85	1706618	209636
Константа	461,3	115,47	20,13	53266	9286
Суднові запаси	1784,4	87,45	4,98	156049	8887
Вантаж	22049,9	124,16	15,05	2737634	331931
Баласт	6359,7	136,16	4,87	865966	30991
ВСЬОГО	46969,4	117,51	12,59	5519533	591505

Схематично вантажний план представлений на 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.

Bayplan

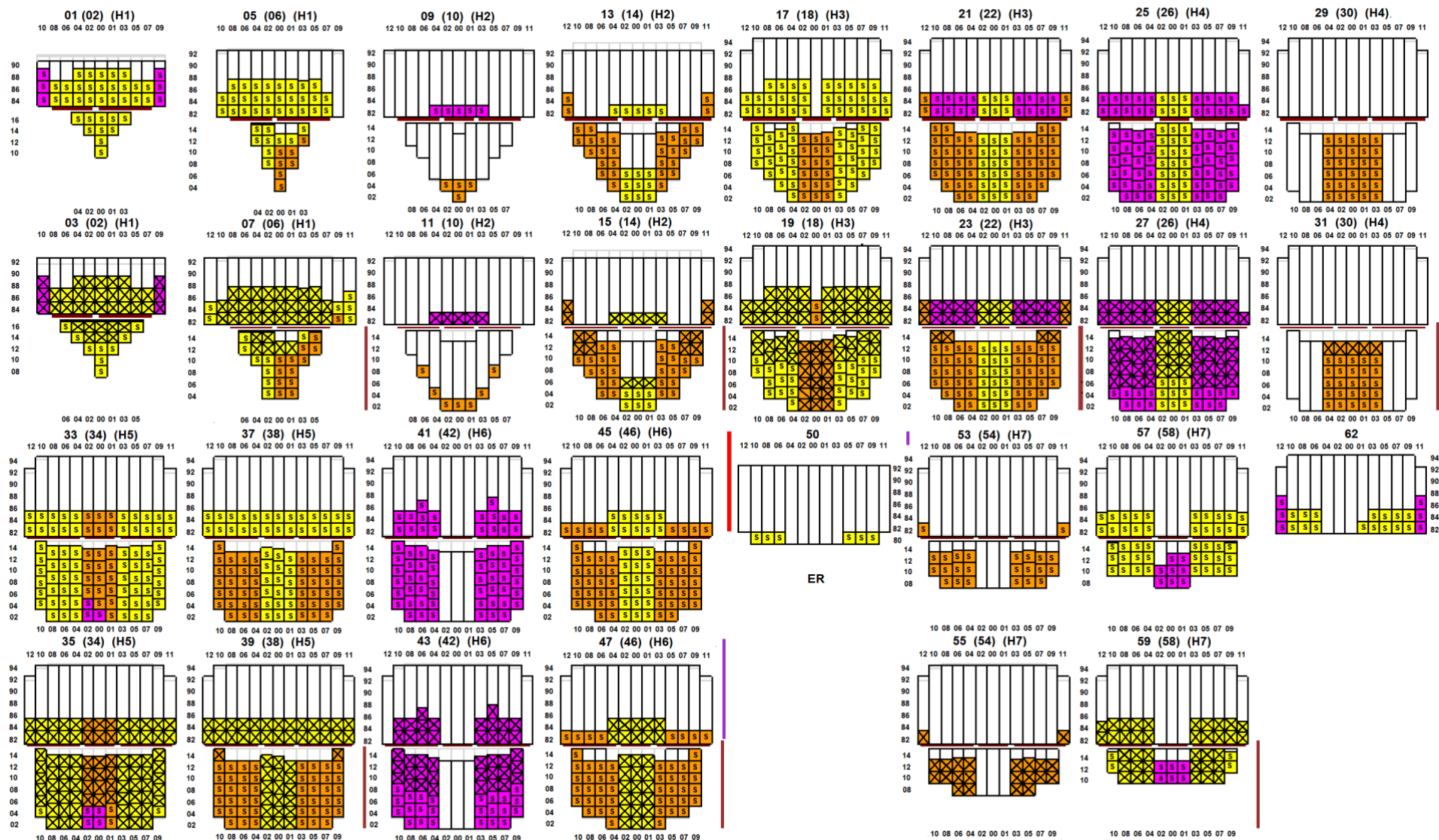


Рисунок 4.1. – Бей-план

Таблиця 4.7 – Розрахунки посадки судна на відхід і на прихід

Найменування величин	Позначення і формули	Значення величин	
		відхід	прихід
Водотоннажність масова, т	D	48121,9	46969,4
Абсциса центра ваги судна, м	x_g	117,98	117,51
Водотоннажність об'ємна, м ³	$V = D / \rho$	46948	45824
Густина заборотної води, т/м ³	ρ	1,025	1,025
Осадка судна, м	T	9,74	9,56
Момент диферентуючий на 1 см, тм/см	M_{cm}	804,1	788,2
Абсциса центра величини судна, м	x_c	118,06	118,22
Абсциса Ц.В. площі ватерлінії, м	x_f	111,46	112,01
Апліката поперечного метацентра, м	z_m	15,03	15,05
Коефіцієнт загальної повноти	δ	0,609	0,606
Диферент судна, м	$d = D(x_g - x_c) / (100 M_{cm})$	-0,05	-0,42
Осадка судна носом, м	$T_n = T + (L - x_f) d / L$	9,71	9,33
Осадка судна кормою, м	$T_k = T_n - d$	9,76	9,75

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

Таблиця 4.8 - Виправлення на вплив вільної поверхні рідких вантажів

Назва цистерн	Δm_h , тм
1	2
NO.3 HEAVY FUEL O.P	238

Продовження табл. 4.8

1	2
NO.3 HEAVY FUEL O.S	238
NO.4 HEAVY FUEL O.P	183
NO.4 HEAVY FUEL O.S	183
NO.5 HEAVY FUEL O.P	201
NO.5 HEAVY FUEL O.S	201
HFO SERVICE P	39
HFO SETTLING P	37
DIES.O.STORAGE S	2041
LOW SUL.CYLIND.O.S	138
FRESH WATER P	358
FRESH WATER S	306
CYLIND.O.STORAGE S	101
BILGE HOLDING C	382
SEP.BILGE P	110
ME AIR COOL.DRAIN C	132
FO OVERFLOW C	750
NO.2 WATERBALLAST P	735
NO.2 WATERBALLAST S	735
NO.5 WING WB P	219
NO.5 WING WB S	219
NO.7 WING WB P	1080
NO.7 WING WB S	1080
Всього	9706

Розрахунок параметрів початкової остійності виконаний у табл.4.9.

Таблиця 4.9 – Розрахунок параметрів початкової остійності

Найменування величин	Позначення і формули	Значення величин	
		відхід	прихід
Водотоннажність масова, т	D	48121,9	46969,4
Невиправлена апліката центра ваги судна, м	z_{g0}	12,39	12,59
Апліката поперечного метацентра, м	z_m	15,03	15,05
Невиправлена метацентрична висота, м	$h_0 = z_m - z_{g0}$	2,64	2,46
Виправлення на вільні поверхні, м	$\Delta h = \Sigma \Delta m_h / D$	0,20	0,21
Виправлена апліката центра ваги судна, м	$z_g = z_{g0} + \Delta h$	12,59	12,80
Виправлена метацентрична висота, м	$h = h_0 - \Delta h$	2,44	2,25

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 і формули	Значення величин	
		відхід	прихід
Водотоннажність масова, т	D	48121,9	46969,4
Виправлена апліката Ц.В. судна, м	z_g	12,59	12,80
Максимальна гранична апліката Ц.В., м	$z_g^{\max}$	14,88	14,90

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

4.4. Розрахунок і побудова діаграм остійності

Плечі статичної остійності розраховані з використанням таблиці плечей остійності форми (Cross-Curves of Stability). Ці плечі відлічуються від точки К, що відповідає кильовій лінії.

Плечі остійності ваги необхідно розраховувати по формулі:

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

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

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

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

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

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

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

Таблиця 4.11 – Розрахунок плечей статичної остійності на відхід

Водотоннажність D, т								48121,9
Апліката центра ваги судна z_{g0} , м								12,39
Апліката умовного центра мас z_m , м (полюс – точка «О»)								0,00
Виправлена апліката центра ваги судна, $z_g = z_{g0} + \Delta h$, м								12,59
$\Delta\theta = 0,1745 \approx 10^\circ/57,3$								
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
1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0,00	0,000	0,000	0,000	1	0,000	1	0,000

Продовження табл. 4.12

1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	2,645	0,174	2,191	0,454	4	1,816	3	1,362
20	5,269	0,342	4,306	0,963	2	1,926	3	2,889
30	7,860	0,500	6,295	1,565	4	6,260	1	1,565
40	10,126	0,643	8,095	2,031	1	2,031	Σ_{30}	5,816
50	11,655	0,766	9,644	2,011	Σ_{40}	12,033	$a_{0-30} = 0,381$	
60	12,474	0,866	10,903	1,571	$a_{0-40} = 0,700$			
75	12,638	0,966	12,162	0,476				
					$a_{30-40} = 0,700-0,381 = 0,319$			

Таблиця 4.12 – Розрахунок плечей статичної остійності на прихід

Водотоннажність D, т							46969,4	
Апліката центра ваги судна z_{g0} , м							12,59	
Апліката умовного центра мас z_m , м (полюс – точка «O»)							0,00	
Виправлена апліката центра ваги судна, $z_g = z_{g0} + \Delta h$, м							12,80	
$\Delta\theta = 0,1745 \approx 10^\circ/57,3$								
Кут крену θ°	Плече форми, l_ϕ , м	$\sin \theta^\circ$	$z_g \cdot \sin \theta^\circ$	Плече статичної остійності $l = l_\phi - z_g \cdot \sin \theta^\circ$, м	Множ-ник	Добу-ток	Множ-ник	Добуток
0	0,00	0,000	0,000	0,000	1	0,000	1	0,000
10	2,648	0,174	2,227	0,421	4	1,684	3	1,263
20	5,261	0,342	4,378	0,883	2	1,766	3	2,649
30	7,862	0,500	6,400	1,462	4	5,848	1	1,462
40	10,141	0,643	8,230	1,911	1	1,911	Σ_{30}	5,374
50	11,684	0,766	9,805	1,879	Σ_{40}	11,209	$a_{0-30} = 0,352$	
60	12,514	0,866	11,085	1,429	$a_{0-40} = 0,652$			
75	12,670	0,966	12,365	0,305				
						$a_{30-40} = 0,652-0,352 = 0,300$		

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

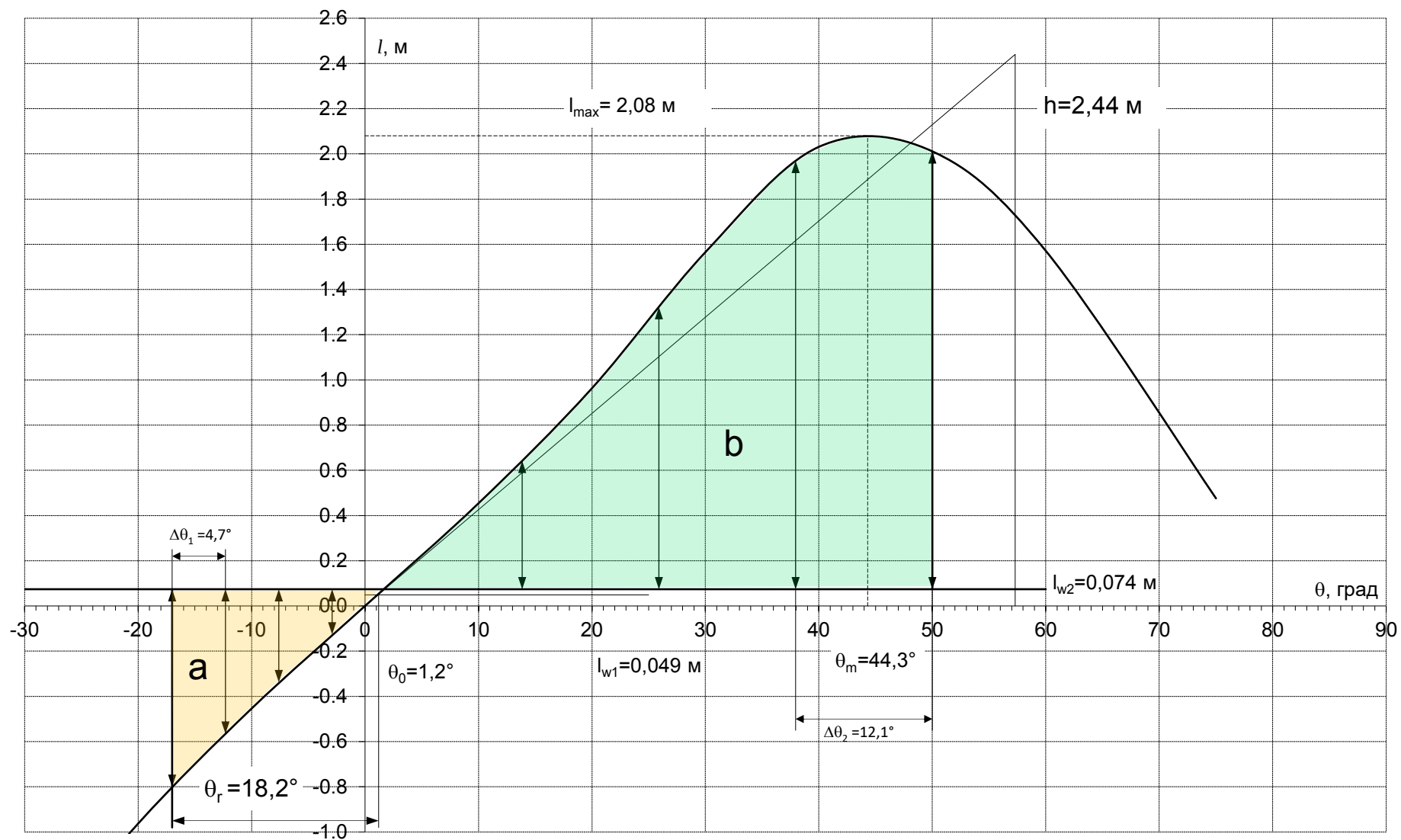


Рисунок 4.2 - Діаграма статичної остійності на відхід і визначення критерію погоди

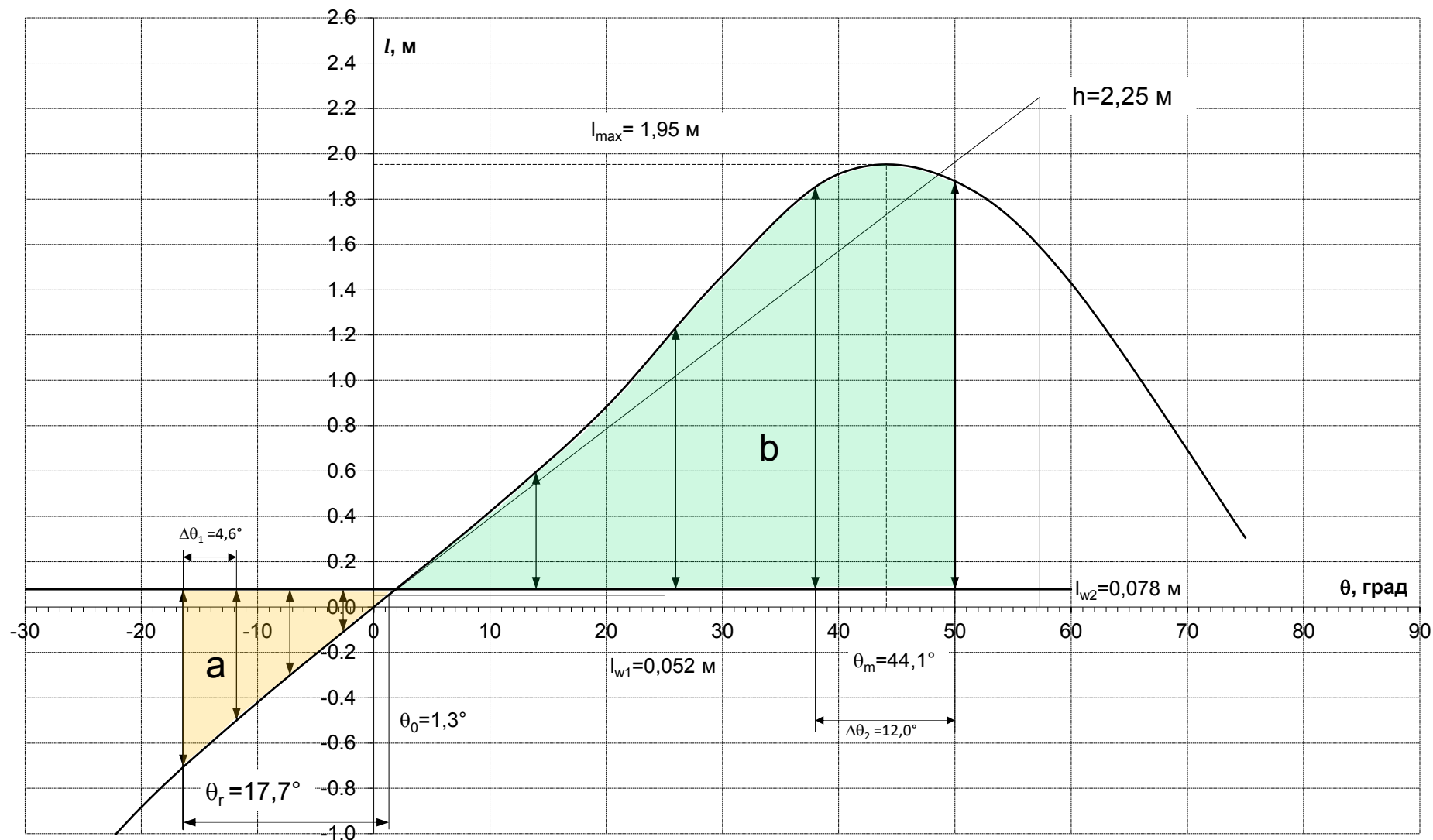


Рисунок 4.3 - Діаграма статичної остійності на прихід і визначення критерію погоди

4.5. Розрахунки нормованих параметрів остійності

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

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

Розрахунок нормованих параметрів остійності виконаний у табл. 4.13.

Таблиця 4.13 - Розрахунок нормованих параметрів остійності

Найменування величин	Позначення і формули	Значення величин	
		відхід	прихід
1	2	3	4
Водотоннажність масова, т	D	48121,9	46969,4
Осадка судна, м	T	9,74	9,56
Виправлена метацентрична висота, м	h	2,44	2,25
Площа парусності, м ²	A _v	4764	4809
Апліката центра парусності (ЦП), м	z	9,72	9,81
Плече парусності при постійному вітрі, м	$z_v = z + T/2$	14,59	14,59
Плече кренувального моменту від тиску вітру, м	$l_{w1} = 0,504 A_v z_v / (g D)$	0,049	0,052
Кренувальне плече від пориву вітру, м	$l_{w2} = 1,5 l_{w1}$	0,074	0,078
Відносна площа скулових кілей, %	$100 A_K / (L B)$	1,28	
Коефіцієнт	k	0,963	

Продовження табл.4.13

1	2	3	4
Відносна ширина	B/T	3,31	3,37
Безрозмірний множник	X_1	0,838	0,826
Коефіцієнт загальної повноти	δ	0,609	0,606
Безрозмірний множник	X_2	0,954	0,952
Інерційний коефіцієнт	$c=0,373+0,023B/T-0,043L/100$	0,343	0,344
Період хитавиці, с	$T_0 = 2 \text{ c } B / \sqrt{h}$	14,2	14,8
Коефіцієнт	S	0,0521	0,0494
Коефіцієнт	$r = 0,73+0,6 (z_g-T)/T$	0,906	0,933
Амплітуда хитавиці, °	$\theta_r = 109 \text{ k } X_1 X_2 \sqrt{r S}$	18,2	17,7
Кут заливання, °	θ_r	>50	>50
Кут входу палуби у воду, °	$\theta_d = \arctg(2(H- T)/B)$	30,4	30,9
Кут крену від постійного вітру, °	θ_0	1,2	1,3
Кут крену при хитавиці назустріч вітру, °	$\theta_1 = \theta_r - \theta_0$	17,0	16,4
Границя площ. “b” діаграми праворуч, °	θ_b	50	50
Площа “a” діаграми, м-рад	a	0,138	0,123
Площа “b” діаграми, м-рад	b	1,001	0,930
Критерій погоди	$K = b / a$	7,25	7,56

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

$\Delta\theta_1 = (\theta_1 + 1,5\theta_0)/4 = (17,0 + 1,5 \cdot 1,2)/4 = 4,7^\circ$ $\Delta\theta_1^{\text{рад}} = 4,7^\circ/57,3 = 0,0820$ рад					
$\Delta\theta_2 = (\theta_b - 1,5\theta_0)/4 = (50 - 1,5 \cdot 1,2)/4 = 12,05^\circ$ $\Delta\theta_2^{\text{рад}} = 12,05^\circ/57,3 = 0,2103$ рад					
a_i	k_i	$a_i \cdot k_i$	b_i	k_i	$b_i \cdot k_i$
$a_1 = 0,874$	1	0,874	$b_1 = 0$	1	0
$a_2 = 0,639$	4	2,556	$b_2 = 0,568$	4	2,272
$a_3 = 0,411$	2	0,822	$b_3 = 1,248$	2	2,496
$a_4 = 0,200$	4	0,800	$b_4 = 1,895$	4	7,580
$a_5 = 0$	1	0	$b_5 = 1,937$	1	1,937
		$\Sigma_a = 5,052$			$\Sigma_b = 14,285$
$a = \frac{1}{3} \Sigma_a \cdot \Delta\theta_1^{\text{рад}} = \frac{1}{3} 5,052 \cdot 0,0820 =$ $= 0,138$			$b = \frac{1}{3} \Sigma_b \cdot \Delta\theta_2^{\text{рад}} = \frac{1}{3} 14,285 \cdot 0,2103 =$ $= 1,001$		

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

$\Delta\theta_1 = (\theta_1 + 1,5\theta_0)/4 = (16,4 + 1,5 \cdot 1,3)/4 = 4,6^\circ$ $\Delta\theta_1^{\text{рад}} = 4,6^\circ/57,3 = 0,0803$ рад					
$\Delta\theta_2 = (\theta_b - 1,5\theta_0)/4 = (50 - 1,5 \cdot 1,3)/4 = 12,03^\circ$ $\Delta\theta_2^{\text{рад}} = 12,03^\circ/57,3 = 0,2099$ рад					
a_i	k_i	$a_i \cdot k_i$	b_i	k_i	$b_i \cdot k_i$
$a_1 = 0,784$	1	0,784	$b_1 = 0$	1	0
$a_2 = 0,578$	4	2,312	$b_2 = 0,518$	4	2,072
$a_3 = 0,378$	2	0,756	$b_3 = 1,156$	2	2,312
$a_4 = 0,188$	4	0,752	$b_4 = 1,776$	4	7,104
$a_5 = 0$	1	0	$b_5 = 1,801$	1	1,801
		$\Sigma_a = 4,604$			$\Sigma_b = 13,289$
$a = \frac{1}{3} \Sigma_a \cdot \Delta\theta_1^{\text{рад}} = \frac{1}{3} 4,604 \cdot 0,0803 =$ $= 0,123$			$b = \frac{1}{3} \Sigma_b \cdot \Delta\theta_2^{\text{рад}} = \frac{1}{3} 13,289 \cdot 0,2099 =$ $= 0,930$		

4.6. Перевірка виконання рекомендованих ІМО критеріїв остійності

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

Таблиця 4.16 – Перевірка виконання рекомендацій ІМО

Найменування величин	Позна-чення	Значення величин			Викон. (YES/NO)
		норма-тивні	відхід	прихід	
Загальні критерії:					
Площа під ДСО до кута крену 30 ⁰ , м·рад	A ₃₀	≥ 0,055	0,381	0,352	YES
Площа під ДСО до кута крену 40 ⁰ , м·рад	A ₄₀	≥ 0,09	0,700	0,652	YES
Площа під ДСО між 30 ° і 40 °, м рад	A ₃₀₋₄₀	≥ 0,03	0,319	0,300	YES
Плече ДСО при куті крену 30° або більше, м	l ₃₀	≥ 0,20	1,565	1,462	YES
Кут крену, що відповідає максимуму ДСО, °	θ _m	≥ 25	44,3	44,1	YES
Виправлена метацентрична висота, м	h	> 0,15	2,44	2,25	YES
Критерій погоди	K	≥ 1	7,25	7,56	YES
Кут крену від постійного вітру, °	θ ₀	≤ 16	1,2	1,3	YES

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

4.7. Перевірка загальної подовжньої міцності корпусу

Під час виконання рейсу на судні застосовується комп'ютерна програма MACS3 (Loading Computer System), що відповідає стандарту якості ISO 16155: 2006), та яка розроблена для зменшення часу розрахунку та складання вантажного плану, а також виконання розрахунків щодо остійності судна та повздожньої міцності. За допомогою програми MACS3 виконаний розрахунок та перевірка повздожньої міцності на відхід.

Результати розрахунку перерізуючої сили SF і згинального моменту BM на відхід судна представлені в таблиці 4.17.

Таблиця 4.17 – Перевірка загальної подовжньої міцності корпусу на відхід

Переріз	Від КП, м	SF, кН	SFsea, %	BM, кНм	BMsea, %
12	9,60	11875	27	86949	89
28	22,24	25241	71	327334	88
42	33,12	26654	62	608603	83
57	45,08	24218	52	920498	72
69	54,68	24022	53	1147743	73
80	63,48	23797	47	1344513	71
91	71,69	20085	24	1511491	76
109	86,25	8078	9	1751296	78
117	92,36	-313	0	1776070	77
137	108,00	7386	7	1836207	76
153	120,64	8260	8	1937775	81
171	134,78	-11481	12	1909010	79
199	156,95	-30240	34	1378435	76
225	177,20	-23222	54	801210	68
243	191,34	-15883	47	515211	73
261	205,48	-16456	56	280386	82
281	221,10	-8508	25	84222	48
299	235,26	-1764	4	12887	22

Максимальна перерізуюча сила -30240 кН на 199 шпангоуті.

Максимальний згинальний 1937775 кНм на 153 шпангоуті.

Побудова епюр перерізуючих сил та згинальних моментів приведена на рис.4.4, також на епюрах вказані допустимі значення прогину та перегину на відхід.

На підставі аналізу проведених розрахунків та епюр можна зробити висновок, що протягом всього рейсу загальна подовжня міцність забезпечена.

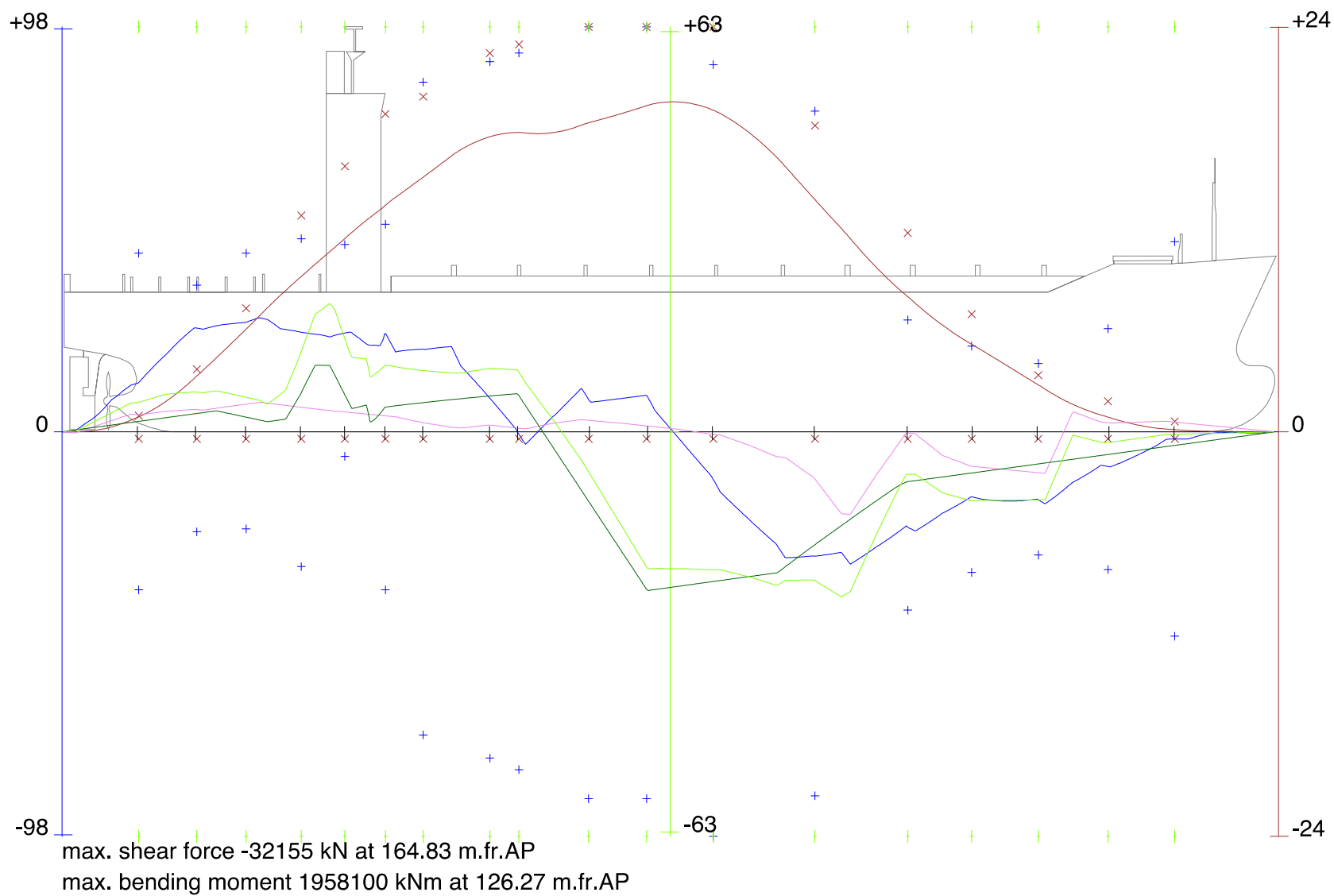


Рисунок 4.4 – Епюра перерізуєчих сил та згинальних моментів на відхід

РОЗДІЛ 5

АНАЛІЗ ТОЧНОСТІ ТА СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПРОГНОЗУВАННЯ ТРОПІЧНИХ ЦИКЛОНІВ

5.1 Загальні відомості про тропічні циклони

Тропічні циклони є одними з найнебезпечніших та найскладніших для прогнозування явищ природи. Щорічно вони призводять до загибелі сотень людей та **завдають збитків**, що оцінюються мільярдами доларів.

Хоча запобігти цим явищам неможливо, існує змога своєчасно виявляти їх та прогнозувати їхню еволюцію і траєкторію руху. З цією метою у 1963 році Всесвітня метеорологічна організація (ВМО) ініціювала Програму Всесвітньої служби погоди (World Weather Watch Program – WWW). Її складовою частиною з 1972 року стала Програма тропічних циклонів (Tropical Cyclone Program – TCP). У рамках програми функціонують шість Регіональних спеціалізованих метеорологічних центрів (RSMCs) та шість Центрів попередження про тропічні циклони (TCWCs). Зазначені центри здійснюють моніторинг закріплених районів (рис. 5.1), забезпечуючи передачу актуальних попереджень і прогнозів щодо всіх видів тропічних циклонів. Це гарантує повний контроль над акваторіями можливого виникнення циклонів та **виключає ймовірність того, що небезпечне явище залишиться непоміченим.**

Історичний досвід містить безліч прикладів загибелі суден та екіпажів внаслідок дії тропічних циклонів. Навіть сучасні великотоннажні судна не завжди здатні протистояти руйнівній силі цієї стихії. Тому єдиним дієвим заходом безпеки залишається **завчасне ухилення та дотримання достатньої дистанції** від центру циклону.

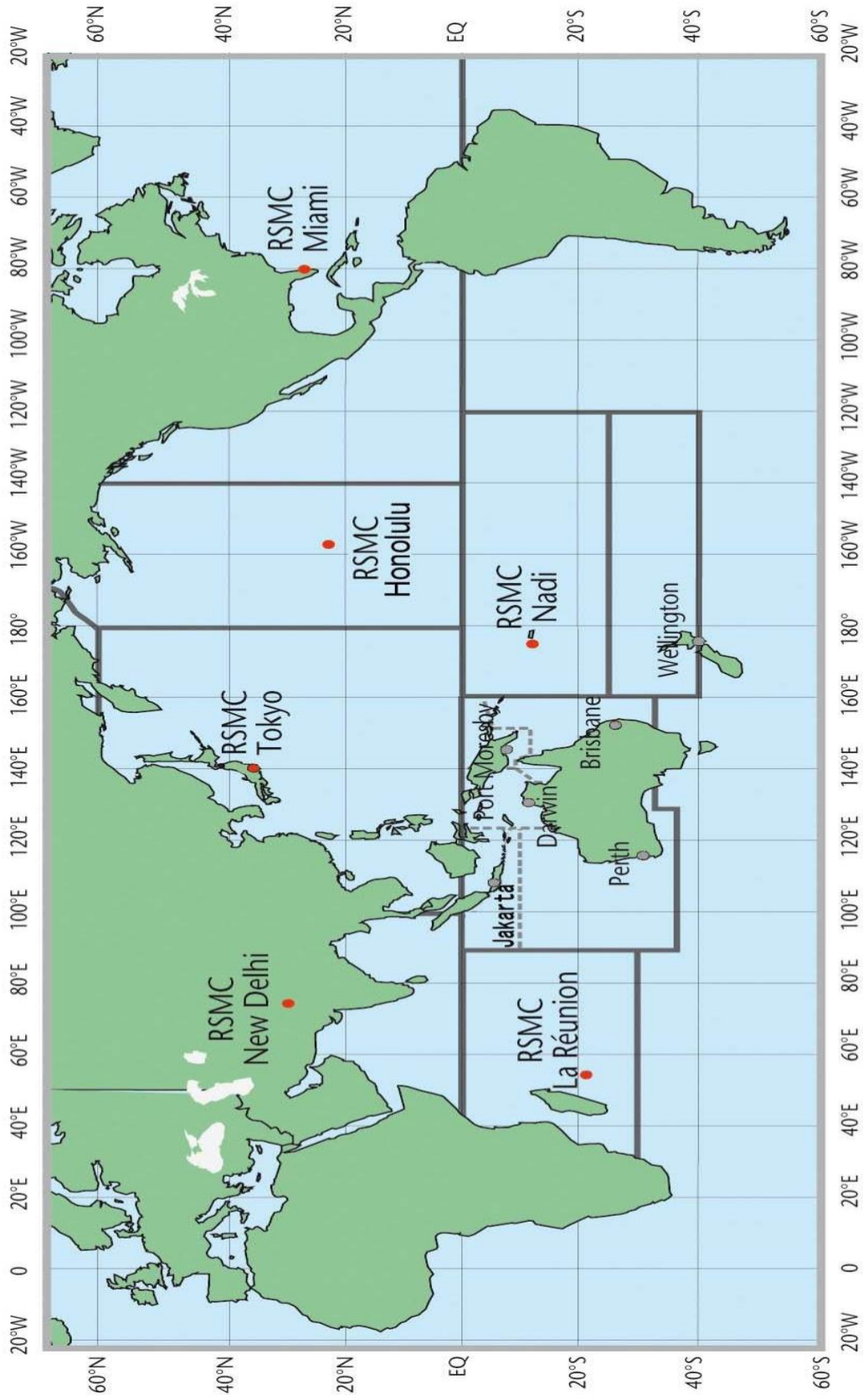


Рис. 5. 1 – Поділ районів, що піддаються дії тропічних циклонів, на зони, згідно з Програмою тропічних

циклонів

Пріоритетним завданням метеорологічних центрів є інформування суден про фактичне та прогнозоване місцезнаходження тропічних циклонів. Це дозволяє капітану завчасно оцінити обстановку та прийняти обґрунтоване рішення щодо **коригування** маршруту або зміни швидкості судна.

Структурно тропічний циклон складається з поясів дощових хмар, ока бурі та стіни ока бурі. У приземному шарі повітряні маси рухаються до центру по спіралі: проти годинникової стрілки у Північній півкулі та за годинниковою — у Південній. У верхніх шарах тропосфери циркуляція має протилежний напрямок. Геометричний центр циклону займає «око бурі» — вільна від хмар зона.

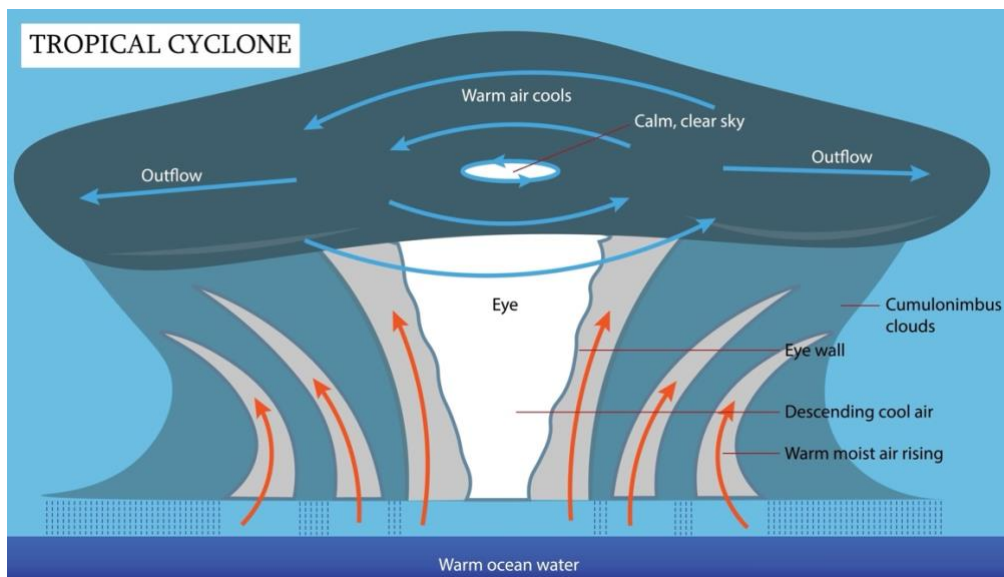


Рисунок 5.1.а. Tropical cyclone

Центр урагану є відносно стабільною зоною зі слабкими вітрами (до 6 м/с). Типовий діаметр ока бурі **становить** 32–64 км (17–34 морські милі). Формування ока відбувається, коли швидкість вітру навколо нього досягає приблизно 119 км/год (33 м/с), проте саме око залишається **найспокійнішою** частиною системи. Фізичною причиною цього явища вважається значна відцентрова сила при малих радіусах обертання. Це створює зону розрідження, що призводить до опускання повітря з верхніх шарів атмосфери (аналогічно процесам в антициклонах).

Безпосередньо навколо ока формується «стіна» — кільце найпотужніших хмар, де спостерігаються максимальні швидкості вітру та інтенсивні опади. Від стіни ока спіралеподібно розходяться пояси дощових хмар, які чергуються із зонами відносного затишшя. Ці пояси можуть провокувати сильні зливи, шквали та навіть торнадо.

Типовий радіус тропічного циклону ураганної сили становить близько 250 км (135 морських миль), хоча розміри систем можуть суттєво варіюватися і не корелюють напряму з їхньою потужністю.

Завершальні фази еволюції. Існує низка сценаріїв розпаду тропічних циклонів. У **рідкісних** випадках заповнення циклону відбувається над океаном під впливом холодних повітряних мас. Частіше вони зміщуються у західно-північно-західному напрямку (у Північній півкулі) до виходу на суходіл або потрапляння в зону західних вітрів. При виході на сушу швидкість вітру зменшується, а тиск зростає. Хоча тертя об земну поверхню сприяє цьому процесу (особливо в гірській місцевості), головною причиною ослаблення є втрата джерела енергії — теплого океану. Цікаво, що на висоті (наприклад, 100 м) швидкість вітру може певний час не зменшуватись, тоді як біля поверхні вона стрімко падає. Через 1–2 дні після виходу на сушу більшість ураганів трансформуються, набуваючи структури, **подібної до** субтропічних циклонів.

5.2 Регіони і умови виникнення тропічних циклонів

Тропічний циклон — це атмосферний вихор зі зниженим тиском та вітрами штормової сили, що сформувався в тропічних широтах.

Ці системи виникають над водними поверхнями тропічних або субтропічних широт. **Залежно** від регіону виникнення, тропічні циклони мають різну номенклатуру: урагани, тайфуни або просто циклони.

Незалежно від назви, для формування тропічного циклону необхідна сукупність певних умов **навколишнього** середовища, а саме:

- тепла океанічна вода (не нижче 27 °C) у шарі глибиною щонайменше 46 м;

- атмосфера зі швидким зниженням температури з висотою, що сприяє нестійкій стратифікації (термодинамічній нестабільності);
- відносно вологе повітря у середніх шарах тропосфери (на висоті близько 4 900 м);
- віддаленість від екватора щонайменше на 480 км (260 морських миль);
- наявність початкового атмосферного збурення (вихору) біля поверхні;
- слабкий **вертикальний зсув вітру** (різниця швидкостей вітру біля поверхні та у верхніх шарах тропосфери має становити менш ніж 10 м/с).

Як зазначалося, температура поверхні води, необхідна для генезису тропічного циклону, має становити щонайменше 27 °С. Логічно було б очікувати їхньої появи поблизу екватора, де вода найтепліша. Проте, за винятком **рідкісних** випадків, циклони не утворюються в межах 5° широти від екватора. Причиною цього є недостатність **сили Коріоліса** — сили, що зумовлює обертання повітряних мас.

Виділяють сім регіонів на планеті, де формуються тропічні циклони. Їх зображено на рис. 5.2 та описано в таблиці 5.1.

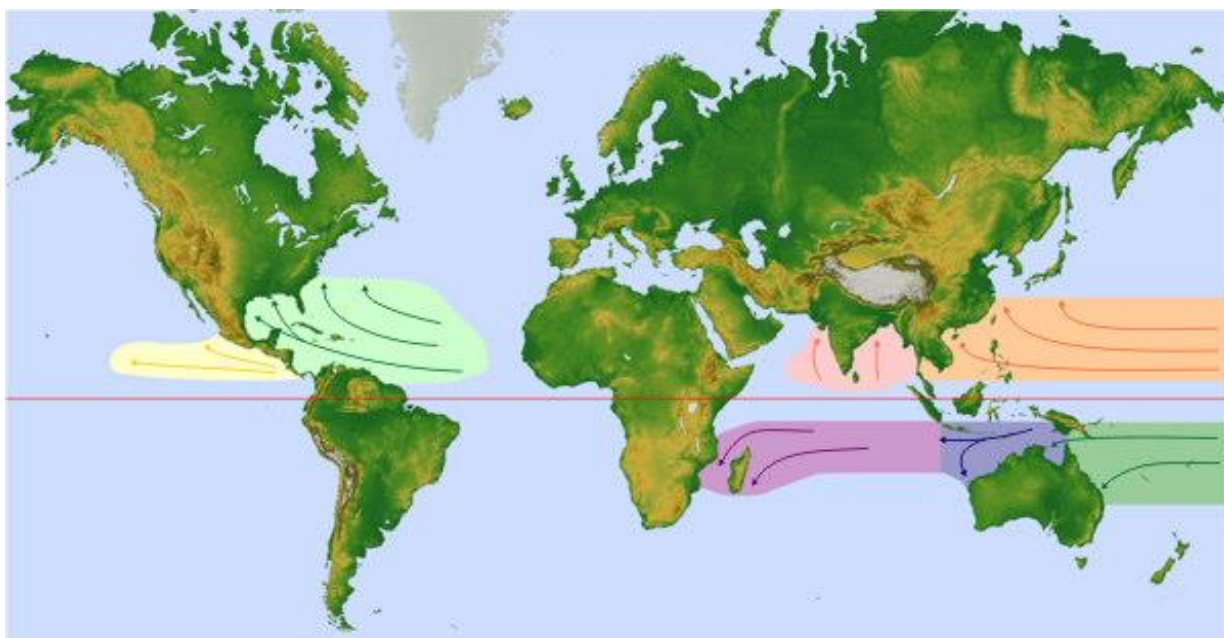


Рис. 5.2 - Регіони формування тропічних циклонів

Таблиця 5.1 - Регіони формування тропічних циклонів

Назва басейну та його опис	Сезони виникнення тропічних циклонів
<i>Атлантичний басейн</i> Північна частина Атлантичного океану, Мексиканська затока та Карибське море	Сезон ураганів офіційно вважається від 1 червня до 30 листопада. Пік активності приходить на середину вересня. Фактично, один раз у кілька років буває поява тропічного циклону у квітні або у грудні.
<i>Північний тихоокеанський басейн</i> Від Мексики до демаркаційної лінії добового часу	Активність появи тропічних циклонів починається у квітні-червні та триває до жовтня-листопада з піком у пізньому серпні або ранньому вересні.
<i>Північно-західний тихоокеанський басейн</i> Від демаркаційної лінії добового часу до Азії, включаючи Південне Китайське море	Виникають круглий рік. Спостерігається мінімум у лютому та першій половині березня. Основний сезон триває з липня до листопада з піком в кінці серпня та на початку вересня.
<i>Північний Індійський басейн</i> Охоплює Бенгальську затоку та Арабське море	Спостерігається два піки активності: у травні та у листопаді. Загалом тропічні циклони утворюються з травня по грудень.
<i>Південно-західний Індійський басейн</i> Від Африки до приблизно 100° E	Починається у пізньому жовтні або ранньому листопаді та закінчується у квітні. Спостерігається пік: у середині січня та у середині лютого, іноді на початку березня.
<i>Південно-східний Індійський басейн</i> Від 100°E до 142°E	Починається у пізньому жовтні або ранньому листопаді та закінчується у квітні. Спостерігається пік: у середині січня та у середині лютого, іноді на початку березня.
<i>Австралійський (Південно-західний Тихоокеанський) басейн</i> Від 142°E до приблизно 120°W	Починається у пізньому жовтні або ранньому листопаді та закінчується у ранньому квітні. Спостерігається пік: у кінці лютого або на початку березня.

Зародками тропічних циклонів є атмосферні вихори. Більшість вихорів, що утворюються в атмосфері, зникають безслідно. Лише незначна їх частка, за наявності комплексу сприятливих умов, може розвинути у повноцінні тропічні циклони. Необхідними передумовами є переміщення або стаціонавання вихору над теплою водною поверхнею та низька швидкість вітру у верхніх шарах атмосфери (слабкий вертикальний зсув вітру) (рис. 5.3).

Тепла вода є критично важливим фактором, оскільки саме вона слугує основним джерелом енергії для розвитку циклону. Водяна пара підіймається вгору й охолоджується. Це охолодження спричиняє конденсацію пари в краплинну рідину, що призводить до формування хмар. У процесі конденсації

виділяється прихована теплота. Це тепло нагріває навколишнє повітря, зменшуючи його густину, внаслідок чого воно продовжує підійматися. Внаслідок цього висхідного руху маси повітря у приземному шарі спрямовуються до центру, прагнучи заповнити область зниженого тиску. Цей процес сприймається як посилення вітру, що іноді досягає ураганної сили.

Саме тому тропічні циклони ніколи не виникають над суходолом або над тими акваторіями океану, де температура води є низькою. Також вони не формуються безпосередньо на екваторі та поблизу нього через недостатність **сили Коріоліса**, яка є необхідною для забезпечення циркуляції повітряних мас.



Рис. 5.3 - Формування тропічного циклону

Ознаки наближення тропічного циклону

Непрямі ознаки наближення тропічного циклону можна зафіксувати на значній відстані від його центру. Зокрема, вітрове поле циклону іноді відчувається на відстані до 700 миль. Океанічні хвилі — **зиб** (мертва хвиля) — поширюються на відстань 400–500 миль, а в окремих випадках — до 1000 миль від центру шторму.

На периферії циклону зазвичай спостерігається ясне небо, висока температура повітря, задуха та штиль або слабкий вітер. Характерними візуальними ознаками є специфічне забарвлення сходів і заходів сонця (вогняні, мідно-червоні відтінки), незвична люмінесценція моря, а також гало навколо Сонця та Місяця.

Діагностика за хмарністю: На відстані до 1500 миль важливою ознакою є поява перистих хмар (Cirrus) у вигляді тонких прозорих смуг, «пір'я» або пасом, які радіально сходяться в одній точці за горизонтом.

- Якщо точка збіжності хмар (радіант) розташована приблизно за 500 миль від судна і її пеленг не змінюється з часом, це свідчить про рух циклону безпосередньо на судно.
- Якщо точка збіжності зміщується відносно судна, циклон, ймовірно, пройде стороною.
- На відстані близько 300 миль смуги перистих хмар зазвичай витягуються вздовж напрямку повітряного потоку.

Надійні ознаки (зона 200 миль): Найбільш вірогідні ознаки наближення шторму фіксуються з відстані близько 200 миль. У цій зоні:

- сила вітру досягає 6–7 балів;
- перисті хмари змінюються розірвано-купчастими;
- спостерігається виражений зиб, що йде від центру циклону.

Визначення напрямку руху:

- **За хмарами:** Якщо стати обличчям назустріч руху дрібних купчастих хмар, то в Північній півкулі центр циклону знаходитиметься праворуч, а в Південній — ліворуч.

- **За хвилюванням:** Зиб поширюється радіально від центру. Якщо напрямок приходу хвиль не змінюється, циклон рухається на судно. Зміна напрямку зибу проти годинникової стрілки свідчить про те, що центр пройде з правого борту на лівий, а за годинниковою стрілкою — навпаки. Слід враховувати можливу дифракцію хвиль на островах, що може спотворювати їхній напрямок.

Зона безпосередньої небезпеки (менше 150 миль): З наближенням циклону хмарність ущільнюється, вітер і хвилювання посилюються.

- **100–150 миль:** Помітне падіння атмосферного тиску (зі збереженням добового ходу). Вітер до 9 балів, суцільна хмарність, зливи. На екрані радіолокатора чітко видно зони опадів.
- **Менше 100 миль:** Різке падіння тиску, порушення його добового ходу. Вітер сягає 12 балів. Хвилювання переходить у хаотичне (**сулой**). Найсильніше хвилювання виникає у правій задній чверті циклону (Північна півкуля) або у лівій задній (Південна півкуля).

Після проходження центру явища повторюються у зворотній послідовності, але зі швидшою динамікою змін.

5.3 Аналіз прогнозування гідрометрцентрами руху та інтенсивності тропічних циклонів

5.3.1 Загальні принципи та види прогнозування

При прогнозі руху баричних систем та повітряних мас (у тому числі тропічних циклонів) використовуються загальні прийоми прогнозування:

1. **Метод екстраполяції (інерційний прогноз).** Базується на припущенні, що кінематичні характеристики циклону залишаться незмінними протягом найближчого часу. Синоптики визначають траєкторію циклону за попередній період та математично подовжують (екстраполують) лінію його руху на майбутнє. Цей метод є ефективним для короткострокового прогнозування, проте не враховує зміни зовнішніх умов.

2. **Правило керівного потоку.** Тропічний циклон розглядається як об'єкт, що переміщується усередині масштабнішого атмосферного потоку. Для прогнозу необхідно визначити вектор (напрямок та швидкість) цього керівного потоку, після чого оцінюється ймовірне зміщення вихору відповідно до параметрів цього потоку. Це є основою для багатьох траєкторних моделей.
3. **Динамічні поправки на стадію розвитку.** Швидкість переміщення циклону не є постійною і корелює з фазами його життєвого циклу. У прогноз вносяться поправки, що враховують зміну швидкості при переході циклону в нову стадію розвитку. Особлива увага приділяється стадії максимального розвитку, під час якої часто спостерігається явище стагнації (зупинки) або суттєвого уповільнення руху системи.
4. **Взаємодія із сусідніми баричними системами.** Траєкторія руху циклону може суттєво змінюватися під впливом інших атмосферних об'єктів. При прогнозуванні обов'язково враховується гравітаційний та гідродинамічний вплив сусідніх баричних систем (інших циклонів, антициклонів або баричних улоговин), які можуть як притягувати, так і блокувати рух циклону.
5. **Еволюція баричного поля та регенерація.** Аналізується не лише поточний стан, а й потенційні зміни термодинамічних умов. Враховується можливість регенерації (повторного посилення) циклону, а також процеси глобальної трансформації баричного поля, включаючи утворення нових систем, що можуть змінити розстановку сил в атмосфері.

Стрімкий розвиток комп'ютерної техніки в останні десятиліття забезпечив обчислювальні можливості для розв'язання складних **чисельних** моделей метеорологічних явищ, таких як тропічні циклони. Модель прогнозу — загальний термін, що стосується будь-якого інструменту, який використовується для передбачення майбутніх подій, наприклад стану атмосфери. Створення таких прогнозів зазвичай виконується завдяки математичним розрахункам.

Центри попередження про урагани використовують багато різних моделей для підготовки офіційних прогнозів руху та інтенсивності циклонів.

Найбільшого успіху в цьому напрямі досягнув Національний центр попередження ураганів США.

Моделі прогнозування варіюються від досить простих методів, які можуть бути виконані за кілька секунд на звичайних комп'ютерах, до таких, що потребують багатьох годин роботи на суперкомп'ютерах. **Динамічні** моделі, також відомі як **чисельні**, використовують високошвидкісні комп'ютери для розв'язання фізичних рівнянь, що описують рух елементів атмосфери. **Статистичні** моделі, навпаки, не базуються на фізичних процесах в атмосфері, а використовують історично відомі залежності між поведінкою тропічних циклонів та специфічними ознаками, такими як місце і дата. **Статистично-динамічна** модель використовує обидва підходи, виконуючи прогноз на основі зв'язку між історичними даними та змінними величинами динамічної моделі. **Траєкторні** моделі руху тропічного циклону засновані на визначенні **керівного** потоку, отриманого за окремими динамічними моделями. Існують також **групові (ансамблеві)** моделі, що базуються на низці окремо взятих моделей.

Немодельний підхід до прогнозування також має різновиди, але в офіційних прогнозах зараз не використовується через низьку точність. Одним із різновидів є інерційний прогноз, що відкидає зміну впливу на тропічний циклон **навколишніх** факторів. Іншими словами, інерційний прогноз використовує лише перший із п'яти прийомів прогнозування, зазначених вище. Головна перевага такого прогнозу — можливість його виконання штурманом на звичайній морській карті шляхом екстраполяції

5.3.2 Точність виконання прогнозів

Найголовнішим показником виконаного прогнозу слугує його точність. Відносно тропічних циклонів це, в першу чергу, точність прогнозу траєкторії, тиску у центрі та сили вітру. Точність прогнозів, що виконують різні

гідрометеорологічні центри світу, різняться через різницю методик, технічних засобів та умов, в яких утворюються та розвиваються циклони.

Математичний розрахунок допустимих похибок для тої чи іншої методики або моделі неможливий через велику кількість випадкових факторів, що вносять вклад в загальну похибку. Крім того не всі ці фактори досконало вивчені. Проте існує можливість статистичного аналізу вже виконаних прогнозів з метою врахування отриманих похибок у наступних прогнозах. Навіть при незначній кількості тропічних циклонів у певному регіоні у певний період накопичується достатня для систематизації кількість інформації, оскільки для одного і того самого циклону протягом доби виконується цілий ряд прогнозів на різні проміжки часу.

Таку статистичну інформацію добре представлено у офіційному докладі Національного центру попередження ураганів США за п'ять років (2003-2007). Графіки 5-річних похибок прогнозу траєкторії та інтенсивності, взяті з офіційних джерел, представлені нижче (рис. 5.4 - 5.7).

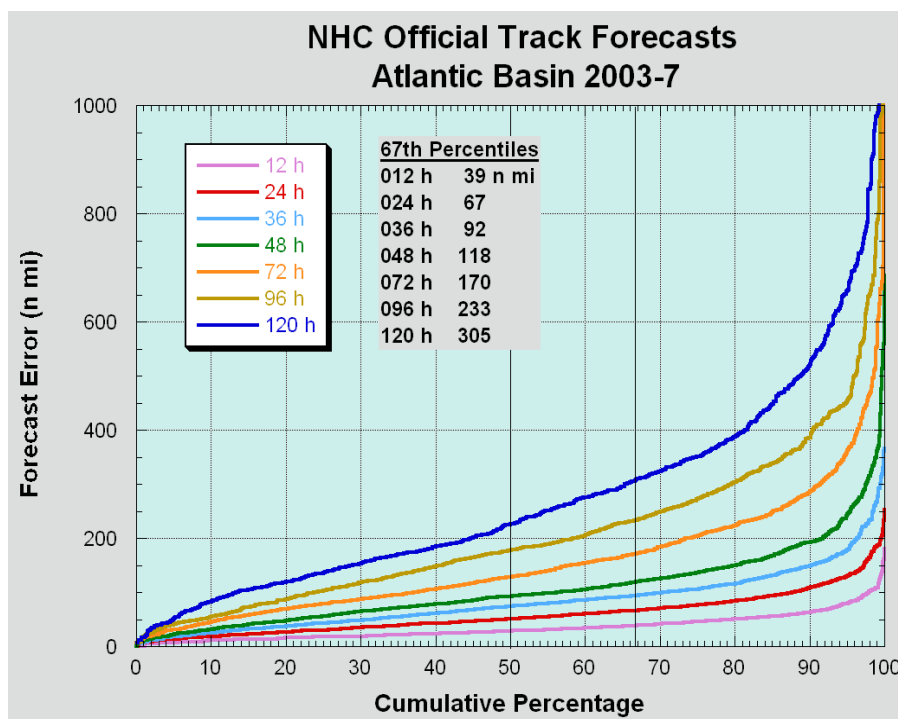


Рис. 5.4. Сукупне представлення офіційних похибок прогнозу траєкторії тропічних циклонів для Атлантичного басейну за 5 років

Діаграма показує процентне відношення офіційних прогнозів, що мали похибки, менші за значення по осі ординат. Наприклад, щоб визначити долю прогнозів на 24 години, що мали помилки, менші за 100 морських миль, знаходимо 100 морських миль (n mi) на осі ординат, відкладаємо горизонтальну пряму до перетину з лінією 24-годинного прогнозу. Далі опускаємо перпендикуляр до осі абсцис та отримуємо значення у процентах.

Ця діаграма дозволяє отримати необхідний для навігаційних розрахунків радіус похибки прогнозу. Слід враховувати, що розподіл сумарної похибки прогнозу носить характер нормального розподілу (або розподілу Гауса).

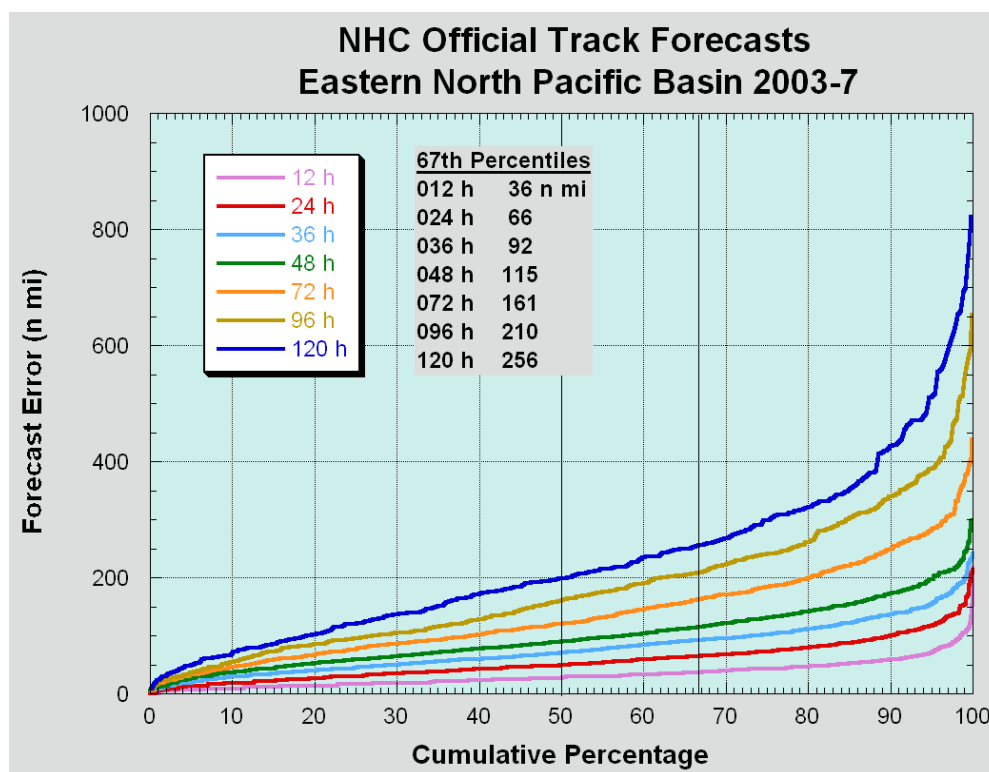


Рис. 5.5 - Сукупне представлення офіційних похибок прогнозу траєкторії тропічних циклонів для Північно-східного Тихоокеанського басейну за 5 років

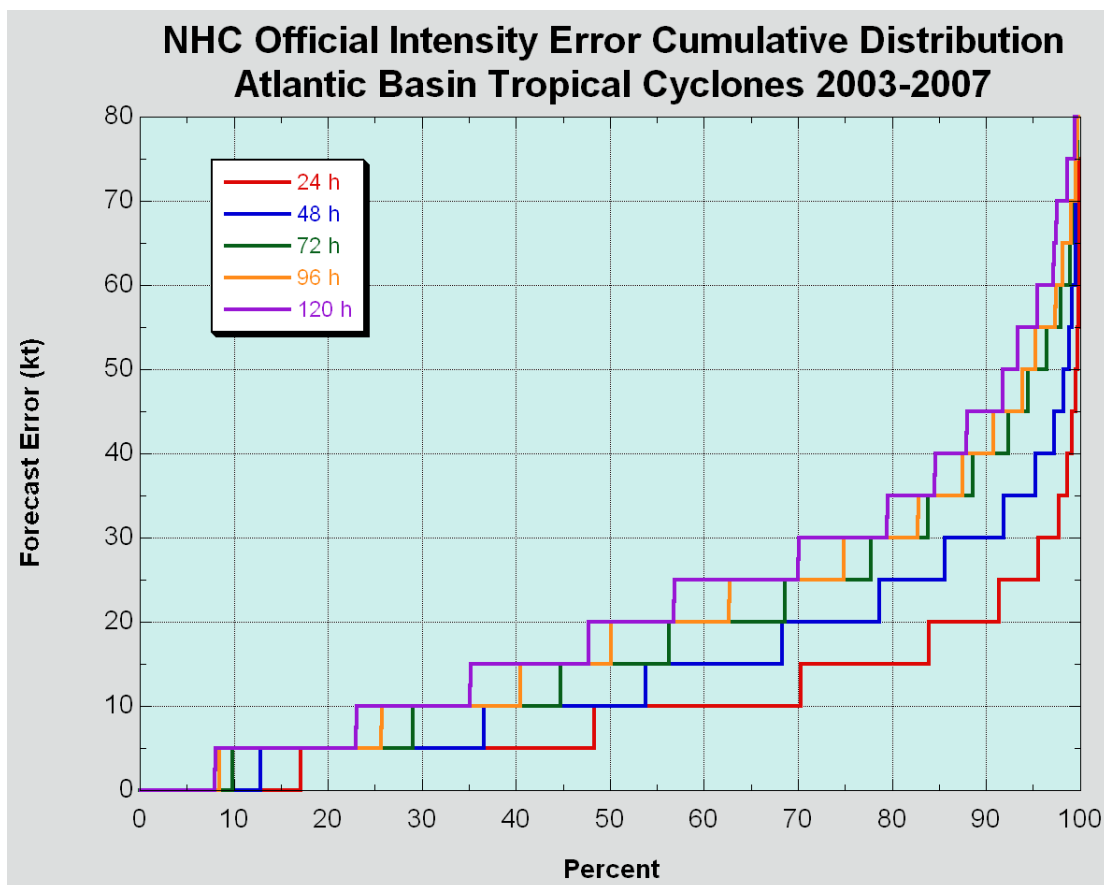


Рис. 5.6 - Сукупне представлення офіційних похибок прогнозу інтенсивності тропічних циклонів для Атлантичного басейну за 5 років

Діаграма показує процентне відношення офіційних прогнозів, що мали абсолютні значення похибки, менші за значення по осі ординат. Наприклад, щоб визначити долю прогнозів на 24 години, що мали помилки швидкості вітру, менші за 20 вузлів, знаходимо 20 вузлів (kt) на осі ординат, відкладаємо горизонтальну пряму до перетину з лінією 24-годинного прогнозу. Далі опускаємо перпендикуляр до осі абсцис та отримуємо значення у процентах.

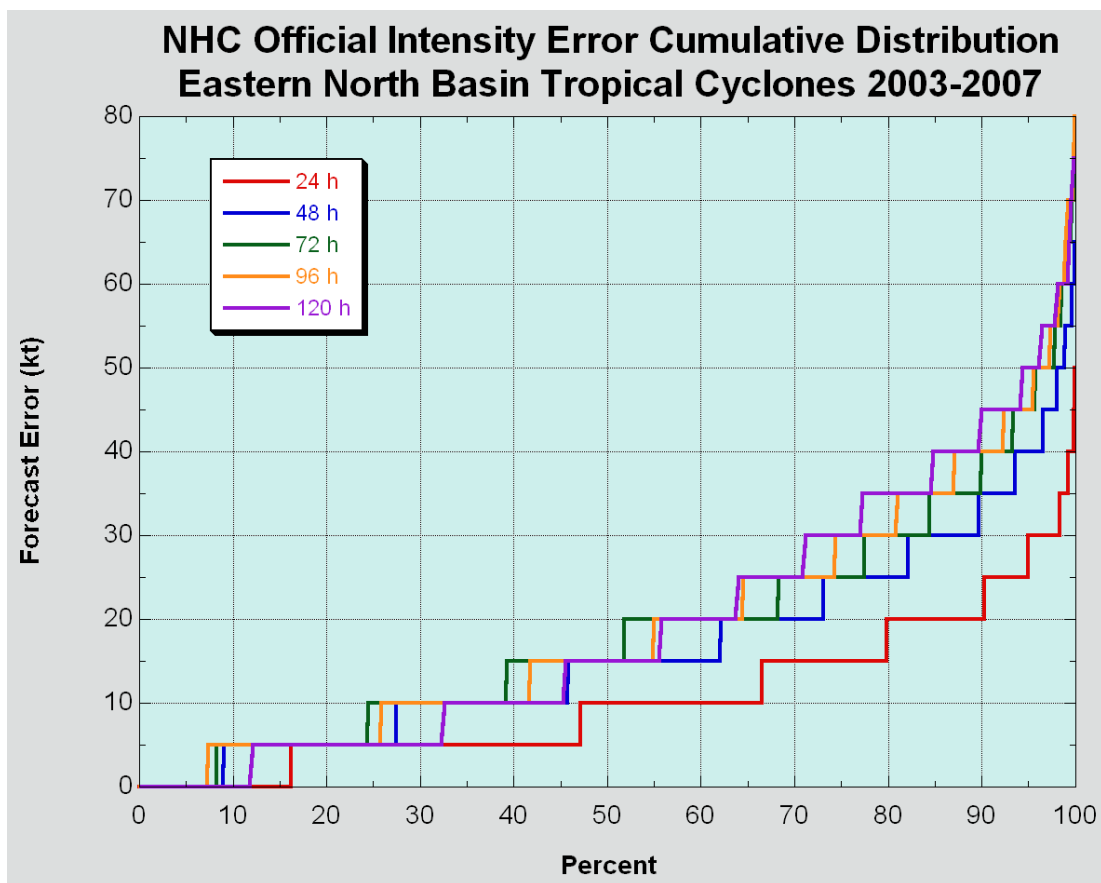


Рис. 5.7. Сукупне представлення офіційних похибок прогнозу інтенсивності тропічних циклонів для Північно-східного Тихоокеанського басейну за 5 років

Національний центр попередження ураганів США виконав та представив також графіки тенденцій помилок прогнозів траєкторії тропічних циклонів за період з 1970 по 2007 роки (рис. 5.8, 5.9).

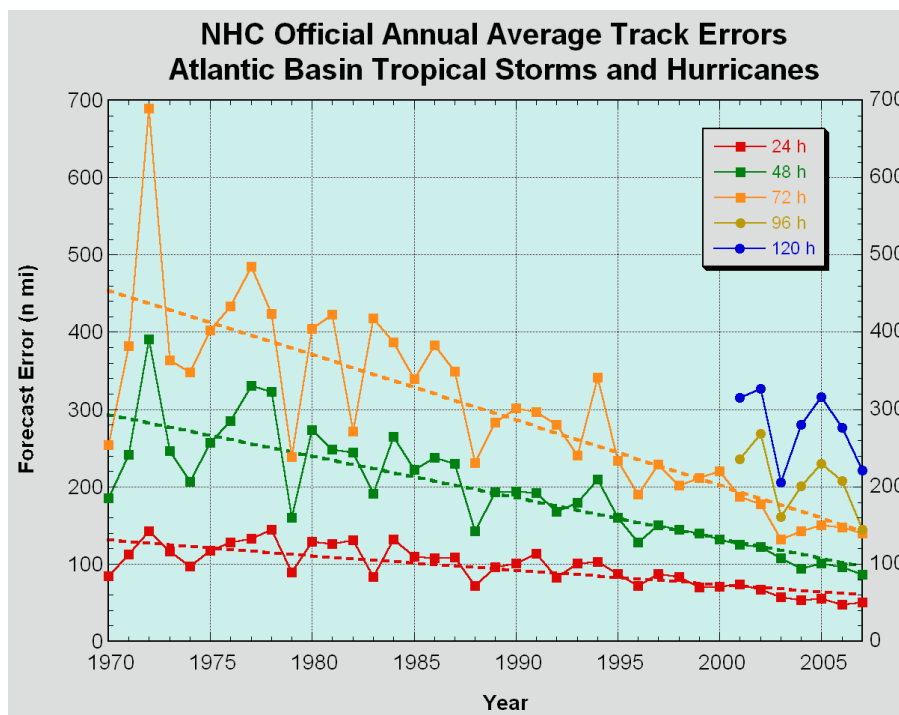


Рис. 5.8. Офіційні щорічні середні похибки прогнозу траєкторії тропічних циклонів Атлантичного басейну за період 1970-2007 років з лініями трендів (за методом найменших квадратів)

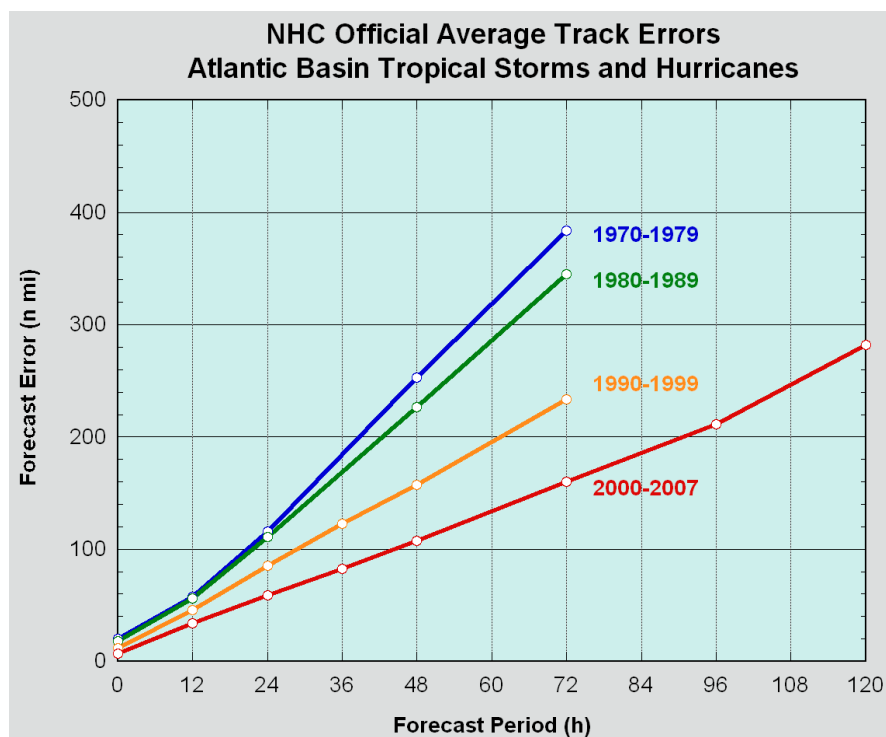


Рис. 5.9 - Офіційні десятирічні середні похибки прогнозу траєкторії тропічних циклонів Атлантичного басейну за період 1970-2007 років

Щорічний доклад Метеорологічного агентства Японії за 2007 рік включає інформацію про середні помилки прогнозів траєкторії тропічних циклонів, починаючи з 1982 року (рис. 5.10).

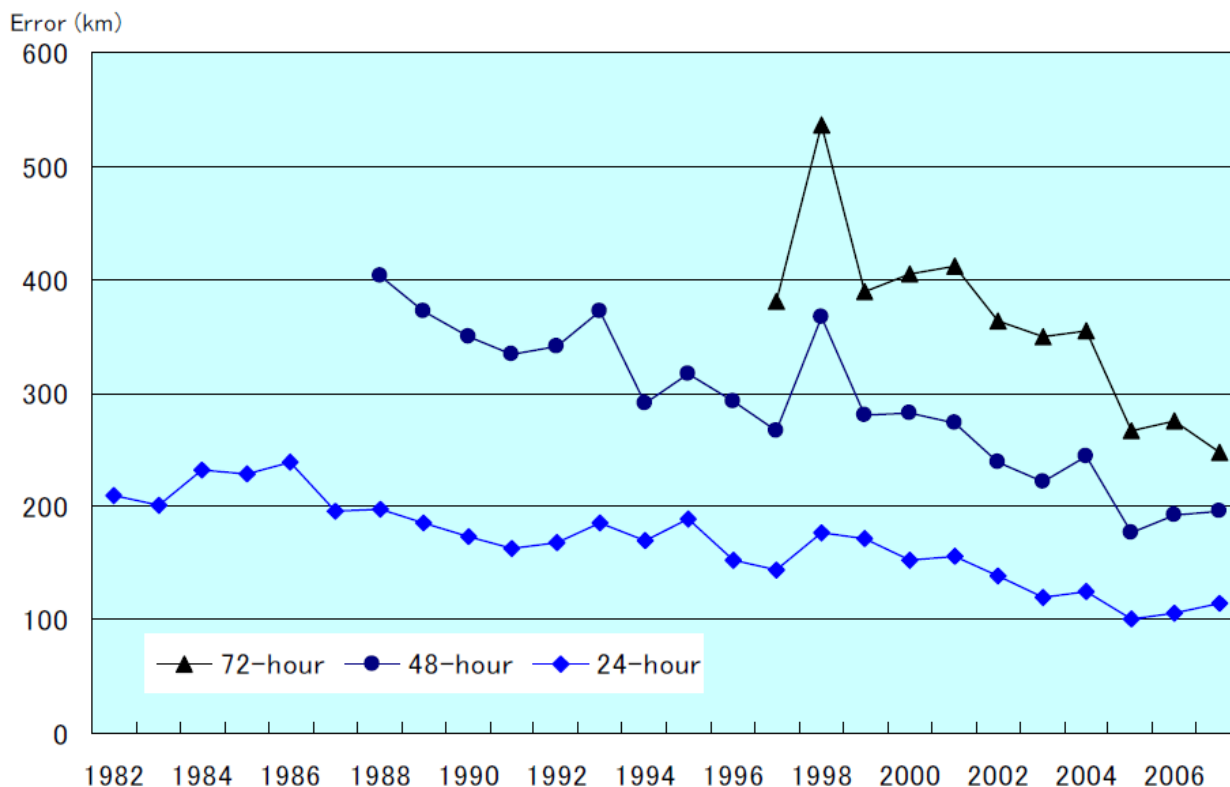


Рис. 5.10 - Офіційні щорічні середні похибки прогнозу Центру тайфунів Японії для траєкторій тропічних циклонів за період 1982-2007 років

Щорічний доклад Департаменту погоди Індії за 2007 рік в своїй заключній частині також приводить статистичні дані щодо помилок прогнозування траєкторій (табл. 5.2).

Таблиця 5.2. Середні помилки прогнозу траєкторії тропічних циклонів (в км) за 2007 рік (дані Департаменту погоди Індії)

Date	Month	12 H	24 H	36 H	48 H	60 H	72 H
13	5	79.2	184.7	199.2	373.2		
14	5	212.1	291.9				
2	6	74	49.3	91.4	217.4	347.3	385.7
3	6	131.3	126.3	220.3	206.6	354.2	517.3
4	6	108.9	91.8	102.9	176.1	261.2	322.8
5	6	15.2	46.7	83.9	89.7		
13	11	44.7	215.4	314	408.5		
14	11	96.2	45.7	147.8	293.8		
15	11	69.4	172.1				
MEAN		92	136	165	252	320	320

Взявши за основу статистичні дані гідрометеорологічних центрів різних країн світу, виконано підбір статистичної інформації, необхідної для розв'язання навігаційних задач розходження судна з тропічними циклонами (таблиця 5.3).

Таблиця 5.3. Статистика похибок визначення центру тропічного циклону при прогнозі

Роки	Похибка 67-відсоткової забезпеченості (у дужках вказана 95-відсоткова забезпеченість, якщо відома), для різних періодів прогнозу, миль						
	+12 г	+24 г	+36 г	+48 г	+72 г	+96 г	+120 г
Національний центр попередження ураганів, Майямі, США Атлантичний басейн							
2003-2007	39 (80)	67 (130)	92 (175)	118 (245)	170 (350)	233 (450)	305 (670)
Національний центр попередження ураганів, Майямі, США Північно-східний Тихоокеанський басейн							
2003-2007	36 (70)	66 (120)	92 (150)	115 (200)	161 (280)	210 (385)	256 (510)
Центральний Тихоокеанський центр попередження ураганів Гонолулу, Гаваї, США							
2004	44	70	93	139	197	252	-
2006	33	52	73	90	112	157	228
2008	42	61	79	102	156	220	248
Центр тайфунів, Токіо, Японія							
2003	-	65	-	119	189	-	-
2005	-	55	-	94	143	-	-
2007	-	62	-	106	133	-	-
Департамент погоди Індії, Нью-Делі							
2007	50	73	89	136	221	-	-

Відносно похибок інерційних прогнозів, існують лише статистичні дані Національного центру попередження ураганів США. Ці дані представлені в таблиці 5.4.

Таблиця 5.4. Похибки визначення траєкторії центру тропічного циклону при виконанні інерційного прогнозу (за статистичними даними Національного центру попередження ураганів США)

Час прогнозу	Похибка 67-відсоткової забезпеченості, залежно від різниці в часі між двома вхідними опорними точками відомих координат тропічного циклону (оперативною і минулою), миль						
	- 3 г	- 6 г	- 12 г	- 18 г	- 24 г	- 36 г	- 48 г
+ 3 г	54	56	63	68	81	96	92
+ 6 г	82	61	69	77	89	101	106
+ 12 г	126	111	83	94	105	123	131
+ 18 г	184	163	126	105	113	128	133
+ 24 г	235	217	189	143	127	146	159
+ 36 г	-	-	-	-	172	178	169
+ 48 г	-	-	-	-	241	224	203

Як видно з таблиці, в більшості випадків виправдано виконувати прогноз на час, рівний різниці в часі між вхідними точками. В цьому випадку він є найбільш точним. При цьому інерційний прогноз на час, що перевищує 24 години, недоцільний через величезні похибки. Для набуття значень похибок 95-відсоткової забезпеченості, необхідно подвоїти значення, дані в таблиці.

Варто зауважити, що наведена вище статистика (рис. 5.4 – 5.7) відображає технологічний рівень прогнозування початку XXI століття (період 2003–2007 років). Ці дані наводяться як **базовий історичний приклад** для розуміння методології оцінки похибок.

Сучасний стан розвитку метеорологічної науки кардинально відрізняється від ситуації двадцятирічної давнини. Завдяки впровадженню нових поколінь супутників, збільшенню обчислювальних потужностей

суперкомп'ютерів та, особливо, інтеграції методів штучного інтелекту, точність прогнозів за останні роки зростає експоненціально. Наприклад, сучасна похибка прогнозу траєкторії на 5 діб (120 годин) зараз співставна з точністю прогнозу на 3 доби у 2005 році, що дозволило суттєво звузити «конус невизначеності» та підвищити безпеку мореплавства.

5.3.3 Еволюція технічних засобів спостереження та збору даних

Фундаментом будь-якого прогнозу є точні початкові дані (ініціалізація моделі). За останні десятиліття людство перейшло від дискретних спостережень до безперервного глобального моніторингу атмосфери та океану з високою роздільною здатністю.

1. Супутникові системи нового покоління (GOES-R, Himawari, Meteosat)

Найбільш значущим проривом у дистанційному зондуванні Землі став запуск серії геостационарних супутників нового покоління. До них належать американські апарати серії **GOES-R** (GOES-16, GOES-18), японські **Himawari-8/9** та європейські **Meteosat Third Generation**.

На відміну від своїх попередників, які оновлювали зображення повного диска Землі кожні 30 хвилин, сучасні супутники забезпечують частоту оновлення даних кожні 10 хвилин для повної півкулі та до **30–60 секунд** у мезомасштабному режимі (Mesoscale Domain Sectors). Цей режим дозволяє фокусуватися безпосередньо на тропічному циклоні.

- **Спектральна роздільна здатність:** Сучасні інструменти, такі як **ABI** (Advanced Baseline Imager), працюють у 16 спектральних каналах (проти 5 каналів у попередніх поколіннях). Це дозволяє не лише бачити хмари, а й розрізняти різні шари водяної пари, виявляти пил (який пригнічує циклони), аналізувати температуру верхівок хмар та мікрофізику льоду.
- **Картографування блискавок (GLM):** Вперше на геостационарній орбіті встановлено детектори блискавок (Geostationary Lightning Mapper). Оскільки спалахи інтенсивної грозової активності у стіні ока бурі часто передують

швидкій інтенсифікації циклону, ці дані дають синоптикам критично важливі 20–30 хвилин фори для оновлення попереджень.

2. Авіаційна розвідка та дрон-зондування Класична авіаційна розвідка («Мисливці за ураганами» — NOAA Hurricane Hunters) також зазнала модернізації. Літаки WC-130J та WP-3D тепер оснащуються не лише традиційними дрозондами (dropsondes), що вимірюють тиск, температуру та вологість під час падіння, а й новітніми радіолокаторами з фазованою антенною решіткою.

Однак головною інновацією стало використання безпілотних систем:

- **БПЛА Coyote:** Це невеликі дрони, які скидаються з літака-носія безпосередньо у стіну ока бурі. Вони здатні функціонувати в умовах екстремальної турбулентності до 60 хвилин, передаючи безперервний потік даних із "серця" шторму, куди пілотована авіація залітати не ризикує (зокрема, у нижні шари атмосфери, де вітер найсильніший).
- **Saildrones (Морські дрони):** Автономні надводні апарати, що використовують енергію вітру та сонця. Вони спеціально направляються в епіцентр ураганів для вимірювання взаємодії океану та атмосфери на межі розділу середовищ. Вони фіксують висоту хвиль, температуру поверхні океану та потоки тепла, що є "паливом" для циклону.

3. Підводні глайдери (Underwater Gliders) Прогнозування інтенсивності циклону неможливе без знання теплозапасу океану (Ocean Heat Content). Супутники бачать лише температуру поверхні (SST), але не глибину теплого шару. Автономні підводні глайдери пірнають на глибину до 1000 метрів, створюючи профілі температури та солоності води. Це допомагає виявити так звані "теплі вири", проходження над якими може призвести до вибухового посилення урагану.

Розвиток чисельного моделювання та асиміляція даних

Прогрес у прогнозуванні нерозривно пов'язаний із законом Мура та зростанням потужності суперкомп'ютерів. Сучасні гідродинамічні моделі (NWP — Numerical Weather Prediction) стали набагато складнішими та деталізованішими.

1. Моделі високої роздільної здатності (HAFS) Довгий час основним інструментом була модель HWRF (Hurricane Weather Research and Forecasting). Однак з 2023 року Національне управління океанічних і атмосферних досліджень США (NOAA) перейшло на використання системи **HAFS (Hurricane Analysis and Forecast System)**. Головною перевагою HAFS є використання технології "вкладених сіток" (moving nesting). Модель розраховує глобальні процеси з низькою роздільною здатністю, але навколо самого циклону автоматично створює зону високої деталізації (до 1–2 км). Це дозволяє моделювати внутрішню структуру шторму: конвективні осередки, подвійні стіни ока та мезовихори, що було неможливо у моделях попереднього покоління.

2. 4D-Var асиміляція даних Точність моделі залежить від того, наскільки точно вона "розуміє" поточний стан атмосфери. Сучасні методи чотиривимірної варіаційної асиміляції даних (4D-Var) дозволяють інтегрувати в модель мільйони спостережень: від супутників і радарів до даних із суден та буїв. Система не просто бере дані в конкретний момент часу, а аналізує їх зміни у часовому вікні, що значно покращує ініціалізацію вихору.

3. Ансамблеве прогнозування (Ensemble Forecasting) Замість одного детерміністичного прогнозу ("циклон піде сюди"), сучасні суперкомп'ютери розраховують ансамбль з 50–100 сценаріїв одночасно (наприклад, GEFS або EPS ECMWF). Кожен сценарій має незначні відмінності у початкових умовах («ефект метелика»). Аналіз ансамблю дозволяє:

- Оцінити ймовірність різних сценаріїв.
- Побудувати карту ризиків (наприклад, "вірогідність вітру понад 64 вузли становить 70%").

- Виявити ступінь невизначеності атмосфери в конкретний момент.

Революція штучного інтелекту в метеорології (2020-ті роки)

Найбільш обговорюваною та перспективною тенденцією останніх років стало впровадження методів машинного навчання (Machine Learning - ML) та штучного інтелекту (AI) у прогнозування погоди. Це змінило парадигму: якщо класичні моделі розв'язують фізичні рівняння гідродинаміки, то AI-моделі шукають приховані закономірності у величезних масивах історичних даних (Reanalysis data).

1. Переваги AI-моделей (GraphCast, Pangu-Weather, FourCastNet) У 2022–2024 роках провідні технологічні компанії представили власні погодні моделі:

- **GraphCast (Google DeepMind):** Модель на основі графових нейронних мереж. У тестах 2023 року вона перевершила найкращу у світі фізичну модель (ECMWF HRES) за 90% показників, включаючи точність траєкторії циклонів на 3–10 діб.
- **Pangu-Weather (Huawei Cloud):** Використовує тривимірні нейронні мережі для аналізу висотних полів. Ця модель продемонструвала виняткову здатність прогнозувати траєкторії тайфунів у західній частині Тихого океану.
- **FourCastNet (NVIDIA):** Використовує метод Фур'є для надшвидких розрахунків.

Головна перевага AI-моделей — **швидкість**. Якщо класичний суперкомп'ютер розраховує прогноз на 10 діб протягом 1–2 годин, то AI-модель на одному сучасному графічному процесорі (GPU) робить це за **менш ніж 1 хвилину**. Це дозволяє запускати тисячі варіацій прогнозу (великі ансамблі) для кращої оцінки ризиків.

2. Гібридний підхід На даному етапі метеорологічні центри переходять до гібридного підходу. AI не замінює фізичні моделі повністю, а доповнює їх. Наприклад, AI чудово справляється з прогнозом траєкторії (track forecast), але поки що може поступатися фізичним моделям у прогнозі екстремальної інтенсивності (intensity forecast) через нестачу історичних даних про рідкісні

супер-тайфуни для навчання нейромережі. Проте, інтеграція AI вже дозволила Європейському центру середньострокових прогнозів погоди (ECMWF) розпочати випуск експериментальних AI-прогнозів на регулярній основі (AIFS).

Вплив сучасних технологій на морську навігацію

Для судноводіїв технологічний прогрес трансформувався у нові інструменти прийняття рішень. Сучасна навігація перейшла від пасивного отримання факсимільних карт погоди до активного використання інтелектуальних систем маршрутизації (Weather Routing).

1. Оптимізація маршруту (Weather Routing Optimization) Сучасне програмне забезпечення (SPOS, BonVoyage, BVS) завантажує високоточні гриб-файли (GRIB files) безпосередньо в систему ECDIS судна. Алгоритми програм розраховують маршрут не просто за критерієм "оминути шторм", а вирішують багатофакторну задачу оптимізації:

- **Уникнення резонансу:** Розрахунок періоду хвилі, щоб уникнути параметричної та синхронної хитавиці, які є небезпечними для контейнеровозів.
- **Економічна ефективність:** Мінімальна витрата палива при збереженні ETA (Estimated Time of Arrival).
- **Екологічні норми:** З 2023 року діють жорсткі вимоги IMO (CII – Carbon Intensity Indicator). Прокладання маршруту з урахуванням течій та вітру дозволяє зменшити викиди CO₂ та покращити рейтинг судна.

2. Оперативний зв'язок Завдяки супутниковому інтернету (VSAT, Starlink), капітан судна має доступ до "живих" супутникових знімків та даних радарів у реальному часі. Це дозволяє здійснювати тактичне маневрування (micro-routing) — незначні зміни курсу для уникнення локальних зон небезпечних явищ, які раніше були невидимі на картах загального масштабу.

Висновки

У п'ятому розділі проведено комплексний аналіз природи тропічних циклонів, розглянуто фізичні механізми їх виникнення та еволюції, а також досліджено методи прогнозування їхнього руху та інтенсивності. На основі виконаного аналізу можна зробити такі висновки:

1. **Глобальна система безпеки.** Тропічні циклони залишаються однією з головних загроз для світового судноплавства. Проте створена під егідою ВМО глобальна система моніторингу (WWW та TCP) забезпечує повне покриття районів циклогенезу. Завдяки роботі регіональних центрів (RSMCs) та сучасним засобам спостереження, ймовірність того, що небезпечне явище залишиться непоміченим, зведена до мінімуму.
2. **Фізична природа та ознаки.** Визначено, що ключовими умовами формування циклонів є висока температура океану (понад 27 °C) та наявність сили Коріоліса. Знання характерних ознак наближення циклону (специфічна хмарність, зиб, зміни тиску) дозволяє судноводію самостійно оцінити ступінь небезпеки навіть за відсутності зовнішнього зв'язку, хоча в сучасних умовах це є резервним, а не основним методом.
3. **Еволюція точності прогнозів.** Аналіз статистичних даних показав значну динаміку у підвищенні якості прогнозів. Якщо історичні дані початку XXI століття (2003–2007 рр.) демонстрували значні похибки прогнозування траєкторії на терміни понад 72 години, то сучасні технології дозволили кардинально змінити ситуацію. Впровадження методів асиміляції даних та зростання обчислювальних потужностей дозволили зменшити «конус невизначеності» та зробити прогнози на 5 діб надійним інструментом планування.
4. **Технологічний прорив.** Сучасний етап розвитку метеорології характеризується переходом до використання штучного інтелекту (AI) та високоточних засобів спостереження. Використання моделей машинного навчання (GraphCast, Pangu-Weather) у поєднанні з даними супутників нового покоління та автономних дронів дозволяє виявляти процеси швидкої

інтенсифікації циклонів, що раніше було найскладнішим завданням для синоптиків.

5. **Зміна стратегії навігації.** Технічний прогрес змінив підхід до забезпечення безпеки судна. Від простого ухилення та дотримання максимальної дистанції судноводіння перейшло до використання інтелектуальних систем погодної маршрутизації (Weather Routing). Це дозволяє не лише уникати штормових зон, а й оптимізувати маршрут з точки зору економічної ефективності та мінімізації впливу на довкілля, що відповідає сучасним вимогам міжнародного морського права.

Отже, успішне вирішення задачі розходження судна з тропічним циклоном сьогодні базується на синергії професійних знань судноводія про фізику явища та використанні новітніх цифрових інструментів прогнозування.

РОЗДІЛ 6

РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ СУДНА В РЕЙСІ

6.1 Сучасний стан морських контейнерних перевезень

Морські перевезення залишаються одним із найефективніших і водночас економічно вигідних способів транспортування великогабаритних вантажів у міжнародній торгівлі. Завдяки їм компанії можуть оперативно постачати продукцію практично будь-якої категорії, мінімізуючи витрати часу та фінансів.

Останні роки морські контейнерні перевезення демонструють помітну динаміку розвитку, яка супроводжується змінами у фрахтових ставках. Зокрема, пандемія COVID-19 спричинила значні коливання у логістичних ланцюгах: після різкого падіння ставок у 2020 році через зниження попиту на перевезення, 2021–2023 роки стали періодом їх стрімкого зростання. Високий попит на транспортування вантажів, особливо на напрямках до США, Європи та Північної Америки, сприяв укріпленню ставок, попри глобальні економічні виклики.

Сучасні тенденції контейнерних перевезень:

1. Зростання попиту на внутрішньоазіатських маршрутах. За даними CTS (Container Trade Statistics Ltd), у 2023 році між портами Азії було перевезено понад 45 млн TEU, що перевищує показники попередніх років.
2. Довготривалі маршрути. Перевезення на напрямках з Азії до Європи та Північної Америки продовжують зростати. У 2023 році обсяги транспортування з Далекого Сходу до Європи збільшилися на 4,2%, а до Північної Америки – на 6,5%.
3. Розширення ринків в Африці та Латинській Америці. Збільшення контейнерних перевезень спостерігається також на трейдах Далекий Схід – Африка (+6,8%) та Далекий Схід – Центральна та Південна Америка (+9,5%).

Проблеми та виклики:

- Нерівномірність навантаження суден на різних маршрутах. На зворотних рейсах багато контейнерів залишаються напівпорожніми, що знижує рентабельність.
- Високі ставки на оренду контейнерів та перевантаженість портів через зростання попиту.
- Перебої в роботі глобальних логістичних ланцюгів через геополітичну напруженість та екологічні вимоги.

Перспективи галузі:

- Подальше впровадження цифрових технологій, таких як блокчейн, для оптимізації процесів перевезень і зменшення витрат.
- Розширення екологічних ініціатив, зокрема перехід на судна з низьким рівнем викидів.
- Зростання попиту в розвинених країнах і активізація торгівлі на нових ринках, що сприятиме стабільному збільшенню обсягів перевезень.

Таким чином, морські контейнерні перевезення, незважаючи на виклики, залишаються ключовою складовою глобальної економіки, демонструючи адаптивність і стійкість до зовнішніх факторів.

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 переддипломній практиці, , преїскурантів, тарифів та ін. Вихідні дані рейсу т/х «MSC Brunella» з порту Кейптаун в порт Джебел Алі 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 «MSC Brunella»	D_w	тон	51745
2	Запаси на початок рейсу	G_p	тон	9553,2
3	Відстань між портами	L	милі	4887,7
4	Кількість навантаженого вантажу: контейнери всього	$\Sigma Q_{шт}$	шт	1222
5	Фрахтова ставка за 1 шт вантажу	f_1	\$/шт	650
6	Норми навантаження вантажу	$M_{ван}$	шт/доб.	1800
7	Норми вивантаження вантажу	$M_{вив}$	шт/доб.	3000
8	Експлуатаційна швидкість	v	екс. вузли	16,0
9	Швидкість в каналах, вузостях	v	кан. вуз.	10
10	Добова витрата палива на ходу: важке	q^6_x	тон/доб	75,0
	Добова витрата палива на стоянці: легке	$q_{ст}$	тон/доб	12,0
11	Ціна 1 тони палива: важке	C_v	\$/т	420
	легке	C_l	\$/т	650
12	Балансова вартість судна	$C_{бал}$	\$	9451050
13	Річна норма амортизації	Ha	%	10
14	Позаексплуатаційний час	T_{ze}	діб.	15
15	Чисельність екіпажу	$Ч_{ек}$	чол.	25
16	Час затримки в дорозі	$t_{зам}$	доб.	0,15
17	Додатковий час в портах стоянки	$t_{дод}$	доб.	0,2
18	Заробітна платня	$R_{зн}$	\$/доб	2800
19	Витрати на технічне постачання	$R_{м.пос}$	\$/доб	300

Продовження табл.6.1

1	2	3	4	5
20	Навігаційні витрати	$R_{нав}$	\$/доб	200
21	Портові збори	$R_{порт}$	\$	32420
22	Агентування суден	$R_{аг}$	\$/доб	200
23	Витрати на страхування судна	$R_{стр}$	\$/доб	220
24	Витрати на ремонт	$C_{рем}$	\$/мр.п.	700000
25	Вартість одного доковання	$C_{док}$	\$	60000

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

1. Розраховуємо чисту вантажопідйомність судна:

$$D_q = D_w - G_{зан}, \quad (6.1)$$

$$D_q = 51745 - 3818,8 = 47926,2 \text{ т}$$

2. Розраховуємо експлуатаційний період роботи судна:

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

де T_k - календарний період, приймаємо 365 діб;

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

3. Розраховуємо час рейсу:

- ходовий час:

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

$$t_x = 4887,7 / (16,0 \times 24) + 0,15 = 12,9 \text{ діб}$$

- стоянковий час:

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

$$t_{cm} = 1222 / 1800 + 1222 / 3000 + 0,2 = 1,3 \text{ діб.}$$

- час рейсу складе:

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

$$t_p = 12,9 + 1,3 = 14,2 \text{ діб}$$

4. Розрахуємо провізну спроможність судна:

- зроблено шт-миль за рейс:

$$\Sigma QL = 1222 \times 4887,7 = 5972769 \text{ шт-миль/рейс}$$

- зроблено тоннаже-миль за рейс:

$$\Sigma D_{\text{ч}} L = 47926,2 \times 4887,7 = 23424898 \text{ тоннаже-миль/рейс}$$

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

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

$$\Sigma F_{рейс} = 1222 \times 650 = 794300 \text{ $/рейс}$$

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

Постійні експлуатаційні витрати судна за добу розраховуємо за формулою:

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

- витрати на заробітну плату ($R_{зн}$) 2800 \$/добу;

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

$$R_{хар} = Ч_{ек} \cdot n_{хар} \quad (6.8)$$

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

$$R_{хар} = 25 \times 12 = 300 \text{ $/добу};$$

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

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

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

t_{mn} – міжремонтний період 5 років.

$$R_{рем} = ((60000 + 700000) / 5) / 350 = 434 \text{ \$/добу}$$

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

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

$$R_{ам} = (9451050 \times 0,1) / 350 = 2700 \text{ \$/добу};$$

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

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

де $H_{сн}$ - норма постачання;

$$R_{сн} = (9451050 \times 0,02) / 350 = 540 \text{ \$/добу};$$

- витрати на технічне постачання ($R_{т.нос.}$) 300 \$/добу;
- навігаційні витрати, \$/добу ($R_{нав}$) 200 \$/добу;
- портові збори ($R_{порт}$) 32420 \$/рейс;
- витрати з агентування ($R_{аг}$) 200 \$/добу;
- витрати на страхування ($R_{стр}$) 220 \$/добу.

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

$$R_{екс} = 2800 + 300 + 434 + 2700 + 540 + 300 + 200 + 32420 / 14,2 +$$

$$+ 200 + 220 = 9977 \text{ \$ / добу}$$

7. Розрахуємо непрямі (адміністративно-управлінські)

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

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

$$R_{\text{кос.}} = 9977 \times 0,02 = 200 \text{ \$ / добу}$$

8. Знаходимо загальні постійні експлуатаційні витрати судна за добу:

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

$$R_{\text{заг}} = 9977 + 200 = 10177 \text{ \$ / добу}$$

9. Знаходимо загальні постійні експлуатаційні витрати судна за рейс:

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

$$\Sigma R_{\text{заг.екс}} = 10177 \times 14,2 = 144513 \text{ \$ / рейс}$$

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

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

$$R_x^6 = k_{\text{см}} \cdot q_x \cdot Ц_{\text{в}} \quad (6.15)$$

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

$$R_x^6 = 1,1 \times 75,0 \times 420 = 34650 \text{ \$ / добу}$$

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

$$R_{cm}^n = k_{cm} \cdot q_{cm} \cdot Ц_{л} \quad (6.16)$$

$$R_{cm}^n = 1,1 \times 12,0 \times 650 = 8580 \text{ \$ / добу}$$

- витрати на паливо і мастильні матеріали витрати за рейс:

$$\Sigma R_{nep} = (R_x^m + R_x^n) \cdot t_x + (R_{cm}^m \cdot t_{cm}) \quad (6.17)$$

$$\Sigma R_{nep} = 34650 \times 12,9 + 8580 \times 1,3 = 458139 \text{ \$ / рейс}$$

11. Знаходимо загальні витрати судна за рейс:

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

$$\Sigma R_{рейс} = 144515 + 458139 = 602654 \text{ \$ / рейс}$$

12. Знаходимо прибуток судна за рейс:

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

$$\Sigma \Pi_{рейс} = 794300 - 602654 = 191646 \text{ \$ / рейс}$$

Прибуток судна т/х «MSC Brunella» з порту Кейптаун в порт Джебел Алі з вантажем контейнери за рейс склав 191646 \$/рейс.

Якісні показники роботи судна в рейсі розраховуємо за методикою:

1. Коефіцієнт використання календарного періоду:

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

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

2. Середньодобова експлуатаційна швидкість:

$$V_{cp.} = \frac{L}{t_x}, \quad (6.21)$$

$$V_{cp.} = 4887,7 / 12,9 = 378,9$$

3. Коефіцієнт ходового часу:

$$\varepsilon_x = \frac{t_x}{t_p}; \quad (6.22)$$

$$\varepsilon_x = 12,9 / 14,2 = 0,908$$

4. Продуктивність однієї тони вантажопідйомності судна в добу експлуатації:

$$\mu_6 = \alpha_3 \cdot V_{cp.} \cdot \varepsilon_x, \quad (6.23)$$

$$\mu_v = 0,986 \times 378,9 \times 0,861 = 339,23$$

5. Валова прибутковість одних судно-днів:

$$\mu = \Sigma F_{рейс} / t_p, \quad (6.24)$$

$$\mu = 794300 / 14,2 = 55937 \text{ \$ / доба}$$

6. Собівартість перевезення однієї тони вантажу в рейсі:

$$S_{ум} = \Sigma R_{рейс} / \Sigma Q, \quad (6.25)$$

$$S_{ум} = 602654 / 1222 = 493,17 \text{ \$ / шт}$$

7. Собівартість 1 тонно-милі в рейсі:

$$S_{ум-м} = \Sigma R_{рейс} / \Sigma Ql, \quad (6.26)$$

$$S_{ум-м} = 602654 / 5972769 = 0,10 \text{ \$ / шт-м}$$

8. Собівартість утримання судна в добу експлуатації:

$$S_{с-д} = \Sigma R_{рейс} / t_p \quad (6.27)$$

$$S_{с-д} = 602654 / 14,2 = 42440 \text{ \$ / доба.екс}$$

10. Рівень дохідності являє відношення доходів до витрат:

$$PF = \Sigma F_{\text{рейс}} / \Sigma R_{\text{рейс}} \quad (6.28)$$

$$PF = 794300 / 602654 = 1,32$$

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 періоду роботи судна за формулою (6.2) за методикою:

1. Число рейсів за експлуатаційний період:

$$Ч_p = T_{\text{екс}} / t_p \quad (6.29)$$

$$Ч_p = 350 / 14,2 = 24,6$$

2. Обсяг перевезеного вантажу за експлуатаційний період:

$$\Sigma Q_{\text{екс}} = \Sigma Q Ч_p \quad (6.30)$$

$$\Sigma Q_{\text{екс}} = 1222 \times 24,6 = 30061 \text{ шт / рік}$$

3. Обсяг транспортної роботи за експлуатаційний:

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

$$\Sigma Ql_{\text{екс}} = 5972769 \times 24,6 = 146930117 \text{ шт-миль / рік}$$

4. Дохід за експлуатаційний період:

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

$$\Sigma F_{\text{екс}} = 794300 \times 24,6 = 19539780 \text{ \$ / рік}$$

5. Загальні витрати судна за експлуатаційний період:

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

$$\Sigma R_{\text{екс}} = 602654 \times 24,6 = 14825288 \text{ \$ / рік}$$

6. Прибуток судна за експлуатаційний період:

$$\Sigma \Pi = \Pi_p \cdot \text{Ч}_p \quad (6.34)$$

$$\Sigma \Pi = 191646 \times 24,6 = 4714492 \text{ \$ / рік}$$

7. Рівень дохідності роботи судна за експлуатаційний період:

$$\Sigma PF = \Sigma F_{\text{екс}} / \Sigma R_{\text{екс}} \quad (6.35)$$

$$PF = 19539780 / 14825288 = 1,32$$

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

Таблиця 6.2. Кількісні і якісні показники виконаного рейсу

№ п/п	Найменування показників	Умовні позначення	Одиниця вимірювання	Значення
1	2	3	4	5
1	Валовий дохід	F	\$	794300
2	Затрати загальні	R	\$	602654
3	Прибуток	Π	\$	191646
4	Коефіцієнт ходового часу	ε_x		0,908
5	Середньодобова експлуатаційна швидкість	V_{cp}	милі/доб	378,9
6	Дохідність судна	μ	\$/доб	55937
7	Рівень дохідності	PF		1,32
8	Собівартість перевезення 1 шт вантажу	$S_{шт}$	\$/шт	493,17
9	Собівартість 1 шт-милі	$S_{шт-м}$	\$/шт-м	0,10
10	Собівартість утримання судна за добу експлуатації	$S_{с-д}$	\$/доб.	42440

В результаті проведених розрахунків, наведених у таблиці 6.2. слід зазначити, що виконаний рейс є прибутковим. Рівень дохідності 1,32, прибуток 191646 \$ за рейс. Судно «MSC Brunella» доцільно використовувати на даній лінії.

РОЗДІЛ 7

ОХОРОННІ ЗАХОДИ ТА ЦИВІЛЬНА ОБОРОНА НА СУДНІ

7.1. Прогнозування наслідків надзвичайної ситуації на об'єкті морського транспорту

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

Танкер «Multitank Bologna» стоїть на бочці в районі внутрішнього рейду порту Банджармасін (Індонезія). Отримано повідомлення про інцидент на сусідньому танкері-хімовозі, що знаходиться поблизу. В результаті обстрілу невідомими особами на танкері-хімовозі виникла аварійна ситуація: із-за пошкодження вантажної системи трапився вилив зрідженого сірководню, що є сильнодіючою отруйною речовиною (СДОР). Кількість токсичної рідини, що розлилася, - 12 т. Характер розливу СДОР - «вільно». В умовах надзвичайної ситуації екіпаж судна «Multitank Bologna» прийняв рішення укритися в надбудові судна.

Метеорологічні умови на момент виникнення надзвичайної ситуації: час 10.00, температура повітря 20⁰, швидкість вітру 2 м/с, вітер зустрічний, суцільна хмарність. Відстань від місця аварії до житлової надбудови судна 0,1 км. Місцевість відкрита, характер - водна поверхня.

Виконати оперативний прогноз хімічної обстановки на час через 1 годину після аварії.

Запропонувати заходи по зменшенню можливих втрат серед екіпажу судна.

Визначити стандартні робочі процедури по залишенню судна після здійснення терористичного акту, що привів до незворотних руйнувань судна.

7.1.2. Оцінка масштабів хімічного зараження території

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

1) Визначення ступеня вертикальної стійкості повітря

За заданими метеорологічними умовами (час доби - день, швидкість вітру 2 м/с, суцільна хмарність) визначаємо по таблиці 7.1 ступень вертикальної стійкості повітря - ізотермія.

Таблиця 7.1- Визначення ступеня вертикальної стійкості повітря за прогнозом погоди

Швидкість вітру, м/с	Час доби					
	день			ніч		
	Наявність хмарності					
	відсутня	середня	суцільна	відсутня	середня	суцільна
0,5	конвекція	конвекція	ізотермія	інверсія	інверсія	ізотермія
0,6-2,0	конвекція	конвекція	ізотермія	інверсія	інверсія	ізотермія
2,1 – 4,0	конвекція	ізотермія	ізотермія	ізотермія	ізотермія	ізотермія
> 4,0	ізотермія	ізотермія	ізотермія	ізотермія	ізотермія	ізотермія

2) Розрахунок еквівалентної кількості СДОР у первинній хмарі

Кількісні характеристики викиду СДОР для розрахунку масштабів зараження визначаються за його еквівалентними значеннями.

При розливі токсичних рідин первинна хмара не утворюється, тому еквівалентна кількість $Q_{\text{з1}}$ (т) речовини у первинній хмарі:

$$Q_{\text{з1}} = 0 \text{ т.}$$

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

Площа розливу S_p (м²) сірковуглецю дорівнює:

$$S_p = V_p / h = Q_o / \rho / h = 12 / 1,263 / 0,05 = 190 \text{ м}^2,$$

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

$Q_o = 12$ - кількість сірковуглецю, що розлився при аварії, т.

$\rho = 1,263$ - щільність сірковуглецю, т/м³ (таблиця 7.2);

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

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

Розраховуємо тривалість вражаючої дії T (год.) сірковуглецю:

$$T = h \cdot \rho / (K_2 \cdot K_4 \cdot K_{7II}) + 1 / (K_M \cdot v_{II}) =$$

$$= 0,05 \cdot 1,263 / (0,021 \cdot 1,33 \cdot 1) + 1 / (1 \cdot 12) = 2,34 \text{ год.} \approx 2 \text{ год. } 20 \text{ хв.},$$

де: $K_2 = 0,021$ - коефіцієнт, що залежить від фізико-хімічних властивостей сірковуглецю (таблиця 6.2);

$K_4 = 1,33$ - коефіцієнт, що враховує швидкість вітру (таблиця 7.3);

$K_{7II} = 1$ - коефіцієнт, що враховує вплив температури навколишнього повітря на швидкість утворення вторинної хмари (таблиця 7.2);

$K_M = 1$ - коефіцієнт, що враховує вплив місцевості на швидкість поширення хмари сірковуглецю (таблиця 7.4);

$v_{II} = 12$ - швидкість перенесення переднього фронту хмари зараженого повітря, км/год. (таблиця 7.5).

Таблиця 7.2 - Характеристики СДОР і значення допоміжних коефіцієнтів

Найменування СДОР	Щільність СДОР, т/ м³		Тем пера тура кипі ння, °С	Пор огов а токс одоз а, мг·х в/л	Значення допоміжних коефіцієнтів							
	Газ	Ріди на			К ₁	К ₂	К ₃	К ₇ для температури повітря (°С)				
								-40	-20	0	20	40
Сірковуглець	-	1,263	46,2	45	0	0,021	0,013	0,1	0,2	0,4	1	2,1

Примітка. У таблиці наведені значення K₇ для вторинної хмари, тобто K₇ = K₇^{II}

Таблиця 7.3 - Значення коефіцієнту K₄ залежно від швидкості вітру

Швидкість вітру (u), м/с	1 ≤	2	3	4	5	6	7	8	9	10
K ₄	1	1,33	1,67	2,0	2,34	2,67	3,0	3,34	3,67	4,0

Таблиця 7.4 - Значення коефіцієнту K_м залежно від впливу характеру місцевості

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

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

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

Розраховуємо еквівалентну кількість сірковуглецю Q_{s2} (т) у вторинній хмарі:

$$Q_{s2} = (1 - K_1) \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot K_7^{II} \cdot Q_0 / (h \cdot \rho) =$$

$$1 \cdot 0,021 \cdot 0,013 \cdot 1,33 \cdot 0,23 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 12 / (0,05 \cdot 1,263) = 0,02 \text{ т,}$$

де: $K_1 = 0$ - коефіцієнт, що залежить від умов зберігання СДОР (таблиця 7.2);

$K_3 = 0,013$ - коефіцієнт, що дорівнює відношенню порогової токсодози хлору до порогової токсодози сірковуглецю (таблиця 7.2);

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

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

4) Визначення глибини і площі зони зараження

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

Так як первинна хмара відсутня, то для $Q_{s1} = 0,0$ т та швидкості вітру $u = 2$ м/с глибина зони зараження буде дорівнювати: $\Gamma_1 = 0,0$ км.

Для $Q_{s2} = 0,02$ т та швидкості вітру $u = 2$ м/с визначаємо глибину зони зараження вторинною хмарою сірковуглецю: $\Gamma_2 = 0,34$ км.

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

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

де: Γ' - найбільший, Γ'' - найменший з розмірів Γ_1 и Γ_2 .

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

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

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

$$\Gamma = \min \left\{ \begin{matrix} \Gamma_{\Sigma} \\ \Gamma_{\Pi} \end{matrix} \right\} = 0,34 \text{ км}.$$

Таблиця 7.6 - Глибина (км) зони зараження

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

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

$$S_{\text{в}} = \pi \cdot \Gamma^2 \cdot \varphi / 360^{\circ} = 3,14 \cdot 0,34^2 \cdot 90^{\circ} / 360^{\circ} = 0,09 \text{ км}^2,$$

де: $\Gamma = 0,34$ - розрахункова глибина зони зараження, км;

$\varphi = 45^{\circ}$ - кутовий розмір зони зараження, град (таблиця 8.7).

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

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

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

$$S_{\phi} = K_8 \cdot \Gamma^2 \cdot N^{0,2} = 0,133 \cdot 0,34^2 \cdot 1^{0,2} = 0,015 \text{ км}^2,$$

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

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

Територія можливого хімічного зараження умовно представляє собою сектор, що має кутовий розмір $\phi = 90^\circ$ (таблиця 8.7) і радіус, який дорівнює значенню розрахунковій глибині зони зараження $\Gamma = 0,34$ км. Центр сектора співпадає з джерелом зараження - місцем розливу сірковуглецю. Бісектриса сектора співпадає з віссю сліду хмари та орієнтована по напрямку вітру.

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

Розраховуємо глибину зони смертельних уражень Γ_1 (км):

$$\Gamma_1 = \lambda \cdot K_M \cdot \left(\frac{Q_3}{D_1} \right)^\Psi = 2,31 \cdot 1 \cdot \left(\frac{0,02}{6} \right)^{0,580} = 0,08 \text{ км},$$

де: $\lambda = 2,31$; $\Psi = 0,580$ - коефіцієнти, що залежать від швидкості вітру (таблиця 8.8);

$Q_3 = Q_{31} + Q_{32} = 0,0 + 0,02 = 0,02$ - загальна еквівалентна кількість СДОР, що перейшла в первинну і вторинну хмару, т;

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

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

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

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

$$\Gamma_{0,4} = \lambda \cdot K_M \cdot \left(\frac{Q_3}{D_{0,4}} \right)^{\Psi} = 2,31 \cdot 1 \cdot \left(\frac{0,02}{2,4} \right)^{0,580} = 0,14 \text{ км},$$

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

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

$$\Gamma_{0,2} = \lambda \cdot K_M \cdot \left(\frac{Q_3}{D_{0,2}} \right)^{\Psi} = 2,31 \cdot 1 \cdot \left(\frac{0,02}{1,2} \right)^{0,580} = 0,21 \text{ км},$$

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

Глибина зони легких уражень відповідає значенню розрахунковій глибині зони зараження $\Gamma = 0,34$ км.

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

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

$$t = x / (K_M \cdot v_{\Pi}) = 0,1 / (1 \cdot 12) = 0,008 \text{ год.} \approx 30 \text{ сек.},$$

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

7.1.3. Висновки і рекомендовані заходи для зменшення людських втрат

Проведена оцінка масштабів хімічного зараження показала, що глибина поширення хмари зараженого повітря може досягти 0,34 км. Надбудова судна, де укритися екіпаж, через 30 сек. опиняється в зоні важких уражень. Час дії вражаючих концентрацій хмари - 2 год. 20 хв. Для життя моряків це є серйозною загрозою. Значно ускладнюється можливість проведення заходів по ліквідації аварійної ситуації на судні.

Для зменшення можливих втрат серед екіпажу судна пропонуються наступні заходи:

- терміново використати наявні на судні дихальні апарати, при цьому забезпечити контроль часу знаходження людей в апаратах (захисна дія дихальних апаратів обмежена часом у 30 хв.);
- забезпечити знаходження людей всередині надбудови судна протягом часу дії вражаючих концентрацій СДОР;
- по можливості максимально герметизувати усі приміщення в надбудові судна, в яких укритися екіпаж;
- розгорнути судно за вітром, щоб хмара зараженого повітря рухалася убік від надбудови судна;
- встановити контроль концентрації СДОР на відкритому повітрі і в повітрі приміщень судна;
- встановити зв'язок з аварійними службами порту, запросити допомогу;
- надати першу допомогу постраждалим, підготувати екіпаж до можливої евакуації.

7.2. Стандартні робочі процедури по залишенню судна після здійснення терористичного акту, що призвів до незворотних руйнувань судна

В залежності від місця знаходження судна його залишення може здійснюватися або безпосередньо на причал або на інший плавзасіб, або з використанням судових колективних засобів рятування.

Капітан має повноваження на прийняття будь-яких рішень, що спрямовані на порятунок пасажирів та екіпажу, збереження вантажу, запобігання забруднення навколишнього середовища (табл. 7.9).

Таблиця 7.9 - Дії суднового екіпажу по залишенню судна після здійснення терористичного акту, що призвів до незворотних руйнувань судна

№ п/п	Дії, які повинні бути прийняті	Відповідальний член екіпажу
1.	Оголосити "Шлюпкову тривогу".	Вахтовий помічник
2.	Надіслати повідомлення компанії і звернутися за допомогою до суден і берегових станцій у відповідності з "Планом дій в аварійних ситуаціях".	Капітан
3.	Діяти у відповідності з процедурою зв'язку ГМЗЛБ.	Вахтовий помічник
4.	Підготувати до спуску рятувальні засоби з урахуванням реальних можливостей спуску.	Старший помічник
5.	Додатково оснастити рятувальні засоби ковдрами, ліками, одягом, піротехнікою, УКХ радіостанціями.	Старший помічник
6.	Перевірити наявність всіх людей на судні і організувати пошук зниклих.	Старший помічник Старший механік
7.	Захопити карти, судновий, машинний і радіо журнали, по можливості - документи і цінності.	Вахтовий помічник Вахтовий механік
8.	Діяти згідно з Розкладом по тривогах і Керівництвом по залишенню судна.	Члени екіпажу і пасажери
9.	Визначити, які механізми залишити працюючими після залишення судна.	Старший механік Старший помічник
10.	Надати допомогу людям, піднятим з води, і нужденним, підтримувати зв'язок між шлюпками за допомогою переносної радіостанції, відійти від борту судна.	Командир шлюпки

ВИСНОВКИ

При виконанні магістерської роботи зроблений опис характеристик судна MSC Brunella. Проаналізований перехід за маршрутом Кейптаун (Capetown) – Джебел Алі (Jebel Ali) з навігаційної точки зору. Визначена гідрометеорологічна обстановка на переході — розшифровані "рози вітрів", визначений атмосферний тиск і кліматичний режим для різних ділянок переходу.

Оброблений та розміщений вантаж, а також виконана оцінка морехідних якостей судна. Проаналізовані критерії ІМО щодо остійності в непошкоджені стані та зроблена оцінка місцевої і загальної міцності корпусу судна. Отримані результати аналізу етапів запланованого рейсу задовольняють критерії безпеки судноплавства та відповідають діючій міжнародній нормативно-правовій базі, що регламентує перевезення вантажів морськими шляхами.

У дослідницькому розділі проаналізовано точності та сучасні технології прогнозування тропічних циклонів. У наступних розділах розраховані економічні показники роботи судна в рейсі за основним маршрутом. Виконані завдання з питань охоронних заходів і цивільного захисту на судні.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Методичні вказівки для виконання магістерської роботи / [Ворохобін І. І., Ніколаєва Л. Л., Астайкін Д. В., Бурмака І. О., Голіков А. О., Давидов І. П., Кучер Ю. П., Медведєва Ю. С., Петриченко Є. А., Сотніченко Л. Л.]; під редакцією І. І. Ворохобіна — Одеса: НУ “ОМА”, 2023. — 100 с.
2. Резолюція А.424(11) Норми техніко-експлуатаційних характеристик гірокомпасів 1979 року [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. — Електронні дані. — Лондон: Міжнародна морська організація, 1979. — Режим доступу: www.imo.org (дата звернення 20.09.2019) — Назва з екрана.
3. Резолюція MSC.192(79) Прийняття переглянутих експлуатаційних вимог до радіолокаційного обладнання 2004 року [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. — Електронні дані. — Лондон: Міжнародна морська організація, 2004. — Режим доступу: www.imo.org (дата звернення 20.09.2019) — Назва з екрана.
4. Резолюція MSC.112(73) Експлуатаційні вимоги до суднового прийомника глобальної системи визначення місцезнаходження (GPS) 2000 року [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. — Електронні дані. — Лондон: Міжнародна морська організація, 2000. — Режим доступу: www.imo.org (дата звернення 20.09.2019) — Назва з екрана.
5. Резолюція А.824(19) Експлуатаційні вимоги до показчиків швидкості та пройденої відстані 1995 року [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. — Електронні дані. — Лондон: Міжнародна морська організація, 1995. — Режим доступу: www.imo.org (дата звернення 20.09.2019) — Назва з екрана.
6. Міжнародна конвенція про підготовку і дипломування моряків та несення вахти вахти 1978 року (консолідований текст з манільськими поправками). — К: ВПК “Експрес-Поліграф”, 2012. — 568 с.

7. Резолюція А.893(21) Руководство по плануванню рейсу 1999 року [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. — Електронні дані. — Лондон: Міжнародна морська організація, 1999. — Режим доступу: www.imo.org (дата звернення 26.11.2019) — Назва з екрана.
8. Рекомендации по организации штурманской службы на морских судах Украины (РШСУ-98) 1998 года. — Одеса: ЮЖНИИМФ, 1998. — 59 с.
9. Bridge Procedures Guide 2016 (Fifth Edition). — London, International Chamber of Shipping: Marisec, 2016.
10. Swift A. J., Bailey T. J. Bridge Team Management, Practical Guide, 2004 (Second Edition, including new section on Electronic Navigation) / A. J. Swift, T. J. Bailey. — London: The Nautical Institute, 2004. — 118 p.
11. NP131 Charts and publications catalogue — London: UKHO, 2023. — 119 p.
12. NP283 (1) List of Radio Signals. Maritime Safety Information Services. Europe, Africa and Asia (excluding the Far East) — London: UKHO, 2019.
13. NP283 (2) List of Radio Signals. Maritime Safety Information Services. — London: UKHO, 2023.
14. NP285 List of Radio Signals. Global Maritime Distress and Safety System (GMDSS). — London: UKHO, 2023.
15. NP286 (1) List of Radio Signals. Pilot Services, Vessel Traffic Services and Port Operations. United Kingdom and Europe (excluding Arctic, Baltic and Mediterranean Coasts). — London: UKHO, 2023.
16. NP286 (5) List of Radio Signals. Pilot Services, Vessel Traffic Services and Port Operations.. — London: UKHO, 2023.
17. Атлас океанів. Атлантичний та Індійський океани. — 1977. — 374 с.
18. Passage Weather. North Atlantic [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. — Електронні дані. — Режим доступу: www.passageweather.com (дата звернення 03.11.2019) — Назва з екрана.
19. Guide to Port Entry. — Reigate: Shipping Guides, 2023. — 3552 p.
20. NP77 List of Lights and Fog Signals. Eastern Atlantic Ocean, Western Indian Ocean, Arabian and Red Seas. — London: UKHO, 2023.

- 21.NP81 List of Lights and Fog Signals. Northern and Eastern Coasts of Canada (including River Saint Lawrence and Saint Lawrence Seaway). — London: UKHO, 2019.
- 22.NP82 List of Lights and Fog Signals. Western Side of the North Atlantic Ocean. From Mexico to Cabo Orange, including Gulf of Mexico, Caribbean Sea and Panama Canal. — London: UKHO, 2019.
- 23.NP74 List of Lights and Fog Signals. British Isles and North Coast of France. British Isles and North Coast of France from Dunkerque to the Entrance to Goulet de Brest (including North Sea Oil and Gas Production Installations). — London: UKHO, 2019.
- 24.NP314 The Nautical Almanac. — London: UKHO, 2019.
- 25.NP201 (1) Tide Tables. United Kingdom and Ireland (including European Channel Ports). — London: UKHO, 2019.
- 26.NP202 (2) Tide Tables. Europe (excluding United Kingdom and Ireland), Mediterranean Sea and Atlantic Ocean. — London: UKHO, 2019.
- 27.NP28 Sailing Directions. Dover Strait Pilot. — London: UKHO, 2017.
- 28.NP27 Sailing Directions. Channel Pilot. — London: UKHO, 2017.
- 29.NP281 (1) List of Radio Signals. Maritime Radio Stations. Europe, Africa and Asia (excluding the Far East). — London: UKHO, 2019.
- 30.NP281 (2) List of Radio Signals. Maritime Radio Stations. The Americas, Far East and Oceania. — London: UKHO, 2019.
- 31.NP282 (1) List of Radio Signals. Radio Aids to Navigation. Differential GPS (DGPS), Legal Time, Radio Time Signals and Electronic Position Fixing System. Europe, Africa and Asia (excluding Far East). — London: UKHO, 2019.
- 32.NP282 (2) List of Radio Signals. Radio Aids to Navigation. Differential GPS (DGPS), Legal Time, Radio Time Signals and Electronic Position Fixing System. The Americas, Far East and Oceania. — London: UKHO, 2019.
- 33.Міжнародна конвенція по запобіганню забруднення с суден 1973 року [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. — Електронні дані. — Лондон:

- Міжнародна морська організація, 1973. — Режим доступу: www.zakon.rada.gov.ua (дата звернення 17.10.2019) — Назва з екрана.
34. International Maritime Dangerous Goods Code (IMDG Code), Volume 1. — London: International Maritime Organization, 2006. — 478 p.
35. International Maritime Dangerous Goods Code (IMDG Code), Volume 2. — London: International Maritime Organization, 2006. — 508 p.
36. International Maritime Dangerous Goods Code (IMDG Code), Supplement. — London: International Maritime Organization, 2010. — 561 p.
37. Code of Safe Practice for Cargo Stowage and Securing (CSS Code). — London: International Maritime Organization, 2011. — 109 p.
38. Thomas R. E. Thomas Stowage — The Properties and Stowage of Cargoes (Eighth Edition) / R. E. Thomas. — London: Son & Ferguson Ltd, 2002. — 413.
39. The International Convention on Load Lines 1966 [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. — Електронні дані. — Лондон: Міжнародна морська організація, 1966. — Режим доступу: www.riigiteataja.ee (дата звернення 28.10.2019) — Назва з екрана.
40. The International Code on Intact Stability, 2008 (Third Edition). — London: International Maritime Organization, 2009. — 172 p.
64. NP136 Ocean Passages for the World. North Atlantic. Volume 1.— London: UKHO, 2018. — 176 p.
41. International Ship & Port Facility Security Code (ISPS Code) and SOLAS Amendments, 2002. — London: International Maritime Organization, 2003. — 131 p.
42. Understanding the Vulnerabilities in Digital Components of An Integrated Bridge System (IBS). URL: <https://www.semanticscholar.org/paper/Understanding-the-Vulnerabilities-in-Digital-of-An-Awan-Ghamdi/33e95e8725de9e1d0cb11daaa2a895d0d115b4d8> [accessed: 25.09.2022]

- 43.F. Xavier Martínez de Oses, Africa Uya Juncadella Global maritime surveillance and oceanic vessel traffic services: towards the e-navigation. World Maritime University 2021. *WMU Journal of Maritime Affairs*. URL: https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/335324/Mart%C3%ADnezDeOs%C3%A9s-Uy%C3%A0Juncadella2021_Article_GlobalMaritimeSurveillanceAndO.pdf;jsessionid=9AB3E41E40B28E5F262678ED9C79CA76?sequence=1
44. Universal Hydrographic Data Model. *International Hydrographic Organization*. URL: <https://iho.int/en/introduction-0> [accessed: 04.10.2022]
- 45.S-100 based Product Specifications. *International Hydrographic Organization*. URL: <https://iho.int/en/s-100-based-product-specifications>
- 46.Carl Benedikt Freya, Michael Osborn. The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation? *Technological Forecasting and Social Change (Volume 114)*. *An International Journal ELSEVIER*. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0040162516302244>
- 47.James T. Croasmun, L. Ostrom. Using Likert-Type Scales in the Social Sciences. *Psychology, Education. Journal of Adult Education*. URL: <https://www.semanticscholar.org/paper/Using-Likert-Type-Scales-in-the-Social-Sciences.-Croasmun-Ostrom/d36353f6568597f5a9dbb79e7c41f2fb7b2d4116>
- 48.IHO Membership. *Member States Information / Information des Etats Membres*. URL: https://iho.int/iho_pubs/iho_ms/ms_info.php