

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

Навчально-науковий інститут навігації

Кафедра «Морські перевезення»

ДИПЛОМНА РОБОТА МАГІСТРАНТА

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

Сіменко Ростислава Олександрівна
(прізвище, ім'я по-батькові)

Тема роботи: Комплексне опрацювання та дослідження етапів переходу судна "China Pride" за маршрутом Сан-Ніколас (San Nicolas) – Тяньцзінь (Tianjin)

Підпис магістранта

Завідувач кафедри

Керівник

/Петров І.М./

Рецензент

/Горюхін В.Г./

Нормоконтроль

м. Одеса
2025 рік

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ОДЕСЬКА МОРСЬКА АКАДЕМІЯ»

Навчально-науковий інститут вищої
кафедра «Морські перевезення»
спеціалізація: 271.01 Навігання і управління морськими суднами

"ЗАТВЕРДЖУЮ"

Завідувачка кафедри

Л.Л. Ніколєва

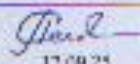
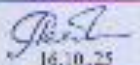
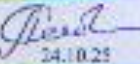
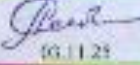
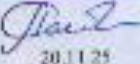
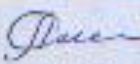
"11" червня 2025 р.

ЗАВДАННЯ
по дипломній роботі магістранта

Сіменко Ростислава Олександровича
(прізвище, ім'я, по батькові)

- Тема роботи: «Комплексне опрацювання та дослідження етапів переходу судна «China Pride» за маршрутом Сан-Ніколас (San Nicolas) – Тяньцзінь (Tianjin)»
затверджено наказом по НУОМА під "___" 2025 р. № _____
- Строк здачі курсантом закінченої роботи "12" грудня 2025 року
- Вхідні дані до роботи:
 - Міжнародні конвенції, кодекси, резолюції ІМО
 - Монографії, статті, тези наукових доповідей
 - Матеріали з галузливо-методичної та навчально-справочної літератури
 - Технічна документація судна, довідники по портах, по вантажах
 - Електронні ресурси, статистичні дані
- Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що підлягають розробці):
 - Характеристики судна
 - Аналіз, оцінка та планування навігаційного переходу
 - Обробка та розміщення вантажів
 - Вістка корекційних збоїв судна
 - Розробка заходів з забезпечення безпеки балкерів
 - Розрахунок емпіричних показників роботи судна
 - Охоронні заходи і цивільна оборона на судні
- Перелік графічного матеріалу:
 - Схема бокового вигляду судна; 2. Маневрові характеристики судна;
 - Графічний план переходу; 4. Вантажний план судна; 5. Діаграми статичної остійності судна; 6. Перевірка загальної міцності корпусу судна; 7. Матеріали науково-дослідницької частини дипломної роботи «Розробка заходів з забезпечення безпеки балкерів»

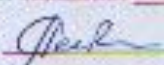
6. Консультанти по роботі з вказанням розділів, що до неї відносяться:

Розділ	ІПБ консультанта	Підпис і дата
1. Характеристики судна	Петров І.М.	 17.09.25
2. Аналіз, оцінка та планування навігаційного переходу	Петров І.М.	 16.10.25
3. Обробка та розміщення виставів	Петров І.М.	 24.10.25
4. Оцінка морехідних якостей судна	Петров І.М.	 06.11.25
5. Розробка заходів з забезпечення безпеки балкерів	Петров І.М.	 20.11.25
6. Розрахунок економічних показників роботи судна в рейсі (кафедри «Менеджменту і економіки морського транспорту»)	Петров І.М.	 28.11.25
7. Охоронні заходи та цивільна оборона на судні (кафедри «Судноводіння»)	Петров І.М.	 05.12.25

7. Календарний план дипломної роботи магістранта

№ з/п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів	Примітка
1.	Характеристики судна	«18» 09.2025 р.	
2.	Аналіз, оцінка та планування навігаційного переходу	«15» 10.2025 р.	
3.	Обробка та розміщення виставів	«23» 10.2025 р.	
4.	Оцінка морехідних якостей судна	«04» 11.2025 р.	
5.	Розробка заходів з забезпечення безпеки балкерів	«21» 11.2025 р.	
6.	Розрахунок економічних показників роботи судна в рейсі	«27» 11.2025 р.	
7.	Охоронні заходи та цивільна оборона на судні	«01» 12.2025 р.	
8.	Висновки, література, оформлення	«03» 12.2025 р.	

8. Дата видачі завдання 11.06.25

Керівник 

Завдання до виконання прийняв 

Магістерська робота містить 159 с., 18 рис., 47 табл., 69 використаних джерел. Основна частина роботи складається з 7-ми розділів.

Проведене комплексне опрацювання рейсу т/х “Chine Pride” за маршрутом Сан-Ніколас–Тяньцзінь (Кітай) з вантажем залізної руди загальною вагою 176400 т. Розглянуто характеристики судна “Chine Pride”, приведені особливості плавання, погодні та гідрометеорологічні умови, складений оптимальний вантажний план судна, що задовольняє всім вимогам з точки зору остійності і міцності корпусу.

Розглянуто питання забезпечення безпечного перевезення навалювальних вантажів, експлуатаційних переваг балкерів нових поколінь, а саме самовивантажувальних та класу «Newcastlemax».

Окремо розглянуто роль і основні риси сучасних вантажних програм балкерів.

Виконано розрахунок і зроблені висновки щодо економічних показників рейсу згідно з існуючою методикою.

Розглянута заході з цивільної оборони на судні.

Ключові слова: балкер, навігаційне обладнання, безпека мореплавства, гідрометеорологічні умови, остійність, міцність, рівень прибутковості, ефективність рейсу.

The master's thesis contains 169 pages, 16 figures, 47 tables, 69 sources used. The main part of the work consists of 7 chapters.

A comprehensive study of the voyage of the vessel “China Pride” on the route San Nicolas – Tianjin (China) with a cargo of iron ore with a total weight of 176400 tons was carried out. The characteristics of the vessel “China Pride” were considered, the features of navigation, weather and hydrometeorological conditions were given, and the optimal Cargo Plan of the vessel was drawn up, which meets all the requirements in terms of stability and hull strength.

The issue of ensuring the safe transportation of bulk cargoes, the operational advantages of new-generation bulk carriers, namely self-unloading and Newcastlemax class, is considered. The role and main features of modern bulk carrier cargo programs are separately considered.

The calculation was performed and conclusions were drawn regarding the economic indicators of the voyage according to the existing methodology.

Civil defense measures on the vessel were considered.

Keywords: bulk carrier, navigation equipment, safety, hydrometeorological conditions, stability, strength, profitability level, voyage efficiency.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	
РОЗДІЛ 1.ХАРАКТЕРИСТИКИ СУДНА.....	
1.1. Загальні відомості і головні розміри	
1.2. Транспортно-експлуатаційні характеристики судна.....	
1.3. Маневрені характеристики	
1.4. Навігаційне обладнання.....	
1.5. Забезпечення непотоплюваності	
РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ, ОЦІНКА ТА ПЛАНУВАННЯ НАВІГАЦІЙНОГО ПЕРЕХОДУ	
2.1. Загальні вимоги до аналізу та плануванню навігаційного переходу	
2.2. Оцінка запланованого переходу.....	
2.2.1. Підготовка для прийому та обміну навігаційною інформацією на переході.....	
2.2.2. Збір та аналіз гідрометеорологічної інформації	
2.2.3. Збір та аналіз навігаційної інформації при прибережному плаванні.....	
2.3. Навігаційні розрахунки для забезпечення безпеки плавання.....	
2.3.1. Розрахунок ортодромії.....	
2.3.2. Складання маршрутних листів	
2.3.3. Графічний план переходу.....	
2.3.4. Розрахунок природної освітленості	
2.3.5. Розрахунок висот приливів та побудова графіків приливів	
2.4. Висновок	
РОЗДІЛ 3. ОБРОБКА ТА РОЗМІЩЕННЯ ВАНТАЖІВ	
3.1. Транспортні характеристики вантажів	

3.2. Підготовка вантажних приміщень до прийому вантажів та документальне оформлення морського перевезення.....	
3.3. Розрахунок чистої вантажопідйомності судна.....	
3.4. Складання вантажного плану.....	
3.5. Характеристика експлуатаційних умов рейсу.....	
РОЗДІЛ 4. ОЦІНКА МОРЕХІДНИХ ЯКОСТЕЙ СУДНА.....	
4.1. Розрахунок водотоннажності й координат центра ваги судна.....	
4.2. Розрахунки посадки і початкової остійності.....	
4.3. Контроль остійності за матеріалами Інформації	
4.4. Розрахунок і побудова діаграм остійності.....	
4.5. Розрахунки нормованих параметрів остійності.....	
4.6. Перевірка виконання рекомендацій ІМО критеріїв остійності	
4.7. Контроль загальної повздовжньої міцності судна.....	
РОЗДІЛ 5. РОЗРОБКА ЗАХОДІВ З ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ БАЛКЕРІВ.....	
5.1. Дослідження основних ризиків в експлуатації сучасного балкера.....	
5.1.1. Динаміка зростання потреби в балкерах у мировому флоті.....	
5.1.2. Ризики в експлуатації балкера як елементи безпеки.....	
5.1.3. Експлуатаційні фактори ризику аварій балкерів.....	
5.2. Технологічні переваги в експлуатації і забезпеченні безпеки нових типів балкерів	
5.2.1. Експлуатаційні особливості саморозвантажувальних балкерів.....	
5.2.2. Експлуатаційна гнучкість балкерів класу «Newcastlemax» у порівнянні з балкерами «Capesize».....	
5.3. Забезпечення контролю безпеки за допомогою вантажних програм.....	
РОЗДІЛ 6. РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ СУДНА В РЕЙСІ.....	

6.1. Загальна частина.....	
6.2. Розрахунок якісних та кількісних експлуатаційно-економічних показників роботи судна в рейсі.....	
6.3. Методика розрахунку якісних експлуатаційно-економічних показників роботи судна в рейсі.....	
6.4. Прогнозування роботи судна за експлуатаційний період.....	
6.5. Оцінка ефективності виконаного рейсу і роботи судна за експлуатаційний період.....	
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	
7.2. Оцінка масштабів хімічного зараження території.....	
7.2.1. Визначення ступеня вертикальної стійкості повітря.....	
7.2.2 Розрахунок еквівалентної кількості СДОР у первинній хмарі.....	
7.2.3. Розрахунок площі розливу, тривалості вражаючої дії та еквівалентної кількості СДОР у вторинній хмарі.....	
7.2.4. Визначення глибини і площі зони зараження.....	
7.2.5. Розрахунок глибин поширення хмари СДОР у вражаючих концентраціях при смертельному, важкому, середньому і легкому ураженні.....	
7.3. Висновки і рекомендовані заходи для зменшення людських втрат.....	
7.4. Стандартні робочі процедури при отриманні повідомлення про виявлення на території портової споруди вибухового пристрою...	
ВИСНОВКИ.....	
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	

ВСТУП

Актуальність теми. У зв'язку із зростанням кількісного складу торговельного флоту, збільшення розмірів та швидкостей, появою нових типів суден, які відрізняються за своєю конструкцією, способом експлуатації, появою нових технологій та засобів автоматизації, відбувається істотне зростання кількості діючих в морській галузі інформаційних, нормативних, технічних документів, що регламентують безпеку мореплавання. Відбувається їх постійне оновлення та перегляд, з ціллю актуалізації.

Сучасні тенденції поповнення флоту, зросту його грузовантажності і енергозабезпеченості, рівня механізації і автоматизації судових виробничих процесів оказують істотний вплив на безпеку судноплавства. У зв'язку з цим головним і неодмінним критерієм нормального функціонування морського судноплавства є здатність науково прогнозувати, раціонально контролювати і ефективно управляти перевезеннями вантажів в умовах рейсу. Таким чином, створення більш досконалих методичних підходів до управління ризиками в суднопластві і сервісної діяльності підприємств морського транспорту вимагає комплексного підходу і ставить нові завдання і проблеми, що виникають в практиці експлуатації морських суден. Це дає можливість судноплавним і агентськими підприємствам бути фінансово стійкими і конкурентоспроможними, а, значить, успішно функціонувати.

Мета дослідження. Мета даної магістерської роботи є комплексне опрацювання конкретного рейсу судна “China Pride”, що включає повну проробку навігаційного переходу, науковий підхід до завантаження, розрахунок нормованих параметрів остійності та міцності при доведення безпеки мореплавання до максимально можливого рівня та забезпечення економічної доцільності рейсу, його ефективності та шляхів її підвищення.

Метою дослідницького розділу є розробка заходів щодо забезпечення безпечного перевезення навалювальних вантажів та експлуатаційних переваг балкерів нових типів.

Для досягнення зазначеної мети в магістерській роботі були поставлені і вирішені наступні *завдання*:

- провести аналіз, оцінку та планування навігаційного переходу;
- спланувати навантаження судна з урахуванням його морехідних якостей;
- проаналізувати технології і процеси безпечної експлуатації балкерів в різних умовах плавання та розробити пропозиції щодо підвищення безпеки перевезень навалювальних вантажів та експлуатації балкерів нових поколінь.

Об'єктом дослідження є процеси, пов'язані з експлуатацією морського судна типу балкер з розподілом їх на ходову та берегову складові.

Предметом дослідження є опрацювання конкретного рейсу морського судна та безпечні перевезення навалювальних вантажів та експлуатаційні переваги балкерів нових типів.

Методи дослідження. Методичну і теоретичну базу виконаного дослідження становлять закони і закономірності економічного розвитку, сукупність підходів до наукового дослідження, наукові праці вітчизняних і зарубіжних вчених, присвячені проблемам ефективного управління судноплавною, перевізною і сервісною діяльністю підприємств і організацій морського транспорту в умовах невизначеності і ризику.

В ході дослідження для вирішення окремих завдань використовувалися наступні методи: економічного аналізу (при визначенні актуальності теми дослідження), теорії інформації, моделювання, теорії ймовірностей і математичної статистики, теорії ризику.

Науково-дослідницький розділ включає в себе наступні методи дослідження: аналіз ринку контейнерних перевезень, прорахування доцільності використання

нових технологій перевезення та перевантаження, експериментальна перевірка технології, порівняння отриманих розрахункових та фактичних результатів.

Наукова новизна полягає в охопленні усіх аспектів технологічного процесу рейсу відповідно до сучасних вимог безпеки судноплавства. В дослідницькій частині роботи це сформульовані підходи щодо забезпечення безпечного перевезення навалювальних вантажів та розроблені пропозиції щодо нових підходів до проектування і експлуатації балкерів нових поколінь.

Практичне значення та апробація отриманих результатів полягає в великих перспективах впровадження і застосування дослідження в розвиток процесів морських перевезень та експлуатації балкерного флоту в світовому суднопластві.

Результати використаних досліджень можуть бути упроваджені у навчальний процес при підготовці фахівців-судноводіїв та працівників берегових структур.

РОЗДІЛ 1

ХАРАКТЕРИСТИКИ СУДНА

1.1. Загальні відомості і головні розміри судна

В даному підрозділі містяться основні відомості про судно, які приведені у табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Основні відомості про судно m/v “CHINA PRIDE”

1.	Назва судна	m/v “CHINA PRIDE”
2.	Тип судна	Cape size bulk carrier
3.	Позивний сигнал судна	VRF09
4.	IMO №	9558799
5.	MMSI №	477559100
6.	Рік і місце будівництва	2009, ZHOUSHAN (China)
7.	Клас реєстру	ABS +A1(E). Bulk Carrier BC-A (Strengthened for Heavy Cargoes, Hold Nos. 2,4,6 & 8 may be empty),SH,SHCM,ESP,+AMS,+ACCU, UWILD.
8.	Порт приписки	Antwerpen
9.	Судновласник:	BOCIMAR INTERNATIONAL N.V.
10.	Менеджмент:	ANGLO-EASTERN (Antwerp) N.V.
11.	Довжина найбільша, м (L):	292
12.	Довжина між перпендикулярами, м (L _{⊥⊥}):	282
13.	Ширина найбільша, м (B)	45
14.	Висота борту до верхньої палуби, м (H):	24,80
15.	Найбільше осідання, м (T):	19,12
16.	Осадка (T) в повному вантажу порожньом, м	18,32 2,65
17.	Водотоннажність: в повному вантажу, т (Δ): порожньом, т (Δ ₀):	202 712,0 24 591,2

Продовження таблиці 1.1

18.	Повна вантажопідйомність Δ_w :	178120,1 т
19.	Головний двигун: тип: потужність: частота обертання:	MAN-B&W 6S70MC 16 860 кВт 91 об/хв
20.	Режим роботи головного двигуна:	MCR: 16 860 кВт NCR: 14 331 кВт
21.	Швидкість судна:	16,7 вуз.
22.	Гребний гвинт: кількість лопастей: діаметр та крок гвинта (мм): дискове відношення: напрямок обертання:	4 8200 мм, ГФК 0,7 Праворуч
23.	Тип руля та площа його пера:	Полупідвісний $S = 77.365 \text{ м}^2$
24.	Тип стернової машини: підрулюючий пристрій:	Електрогідравлічна відсутній
25.	Суднова радіостанція: Склад суднової радіоапаратури відповідає вимогам району А3 та включає в себе:	2 VHF radios with DCS receiver; 1 MF/HF radio with NBDP & DCS service; 2 SARTs; 1 EPIRB 406 MHz; 1 NAVTEX receiver; 3 portable VHF radios, INMARSAT-C with EGC receiver
26.	Валова місткість (GT):	91 373,0 од.
27.	Нетто місткість (NT):	58 745,0 од.
28.	Добова витрата палива: на ходу: важке паливо (HFO) на стоянці: дизельне паливо (DO)	47,2 т 6,0 т
29.	Координати центру мас порожнього судна:	X = 133,74 м Z = 13,90 м

1.2. Транспортно-експлуатаційні характеристики судна

Схематичний план бокового вигляду судна “CHINA PRIDE” з розташуванням приміщень для вантажів і запасів, а також план верхньої палуби судна (вид зверху) показано на рис. 1.1.

Вантажна шкала судна “CHINA PRIDE” показана на рис. 1.2 [2].

1.3. Маневрені характеристики

Дані о маневрених характеристиках показані на рис. 1.3 та 1.4, інформація про збільшення осідання m/v “CHINA PRIDE” подана на рис. 1.5.

Таблиця 1.2 містить інформацію про якірний ланцюг m/v “CHINA PRIDE”.

Таблиця 1.2 – Інформація про якірний ланцюг

Кількість смичок		Швидкість вибору ланцюга (смичок /хв.)
Лівий якір	13	2,97
Правий якір	14	2,95
Довжина однієї смички	27,5 м	

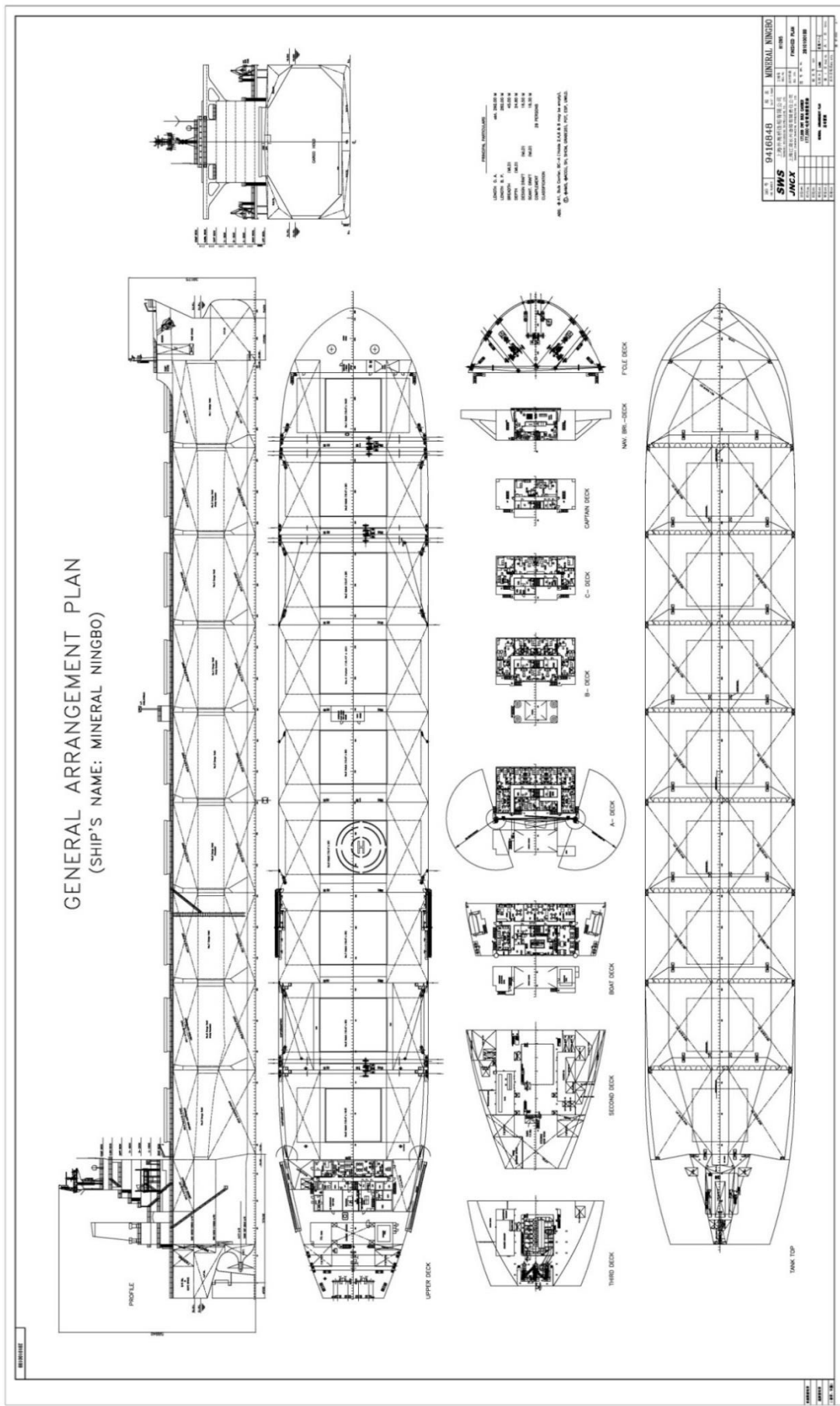


Рисунок 1.1 – Схематичний план бокового вигляду судна “CHINA PRIDE”

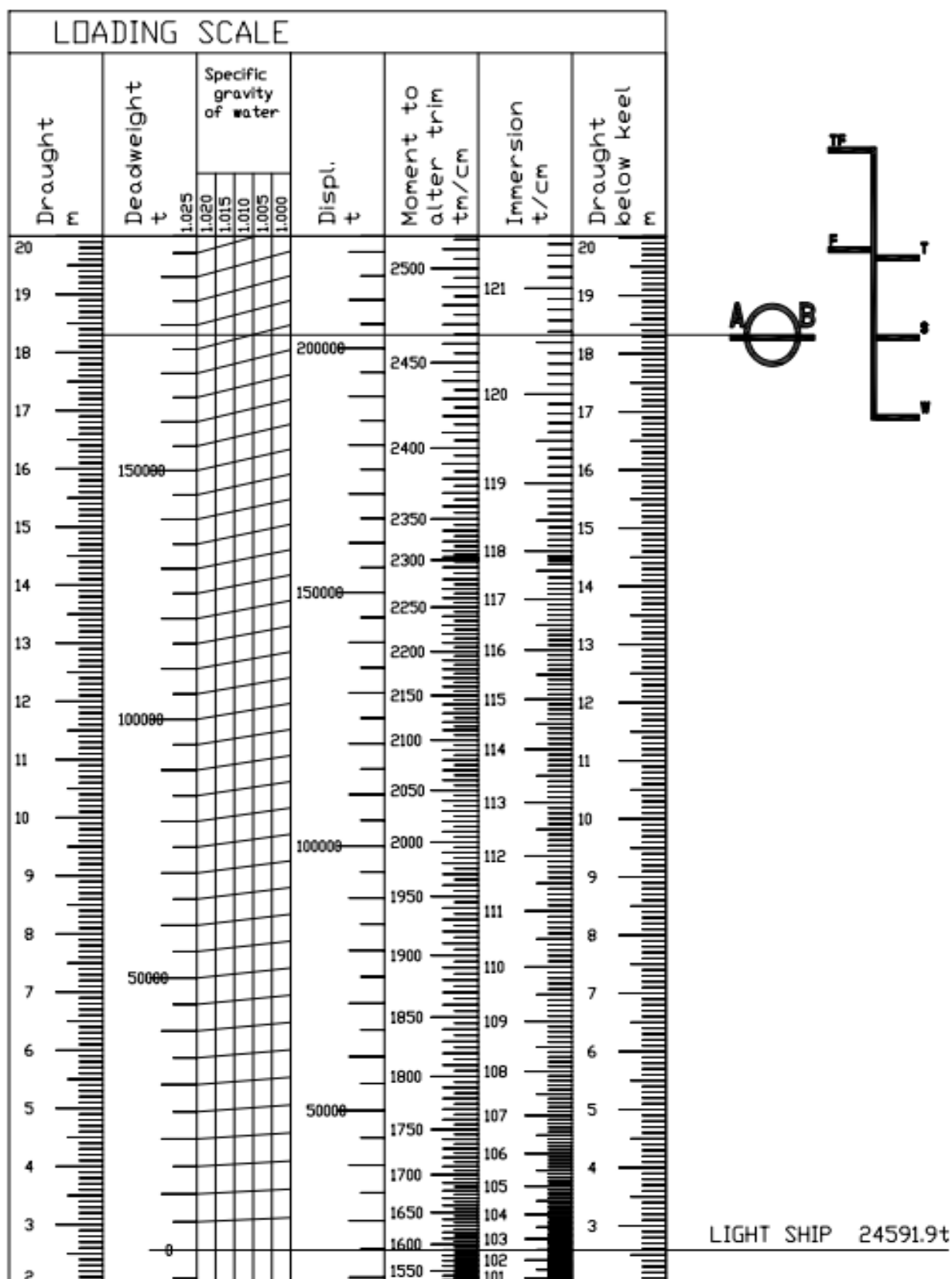


Рисунок 1.2 – Вантажна шкала судна “CHINA PRIDE”

SHIP'S NAME	MINERAL NINGBO	LENGTH PP	282.00m	GROSS TONS	91373
CALL SIGN	ONGA	LENGTH WL	286.50m	NET TONS	58745
PORT OF REGISTRY	BELGIUM	BREADTH(MLD)	45.00m	PROPELLER	4 BLADES SOLID HSP TYPE
DESIGN DISPLACEMENT	181101.3 TONS	DEPTH(MLD)	24.80m	M/E TYPE	6S70MC
DISTANCE FROM BRIDGE(FR44+50) TO STERN			39.75m	BHP	22920
DISTANCE FROM BRIDGE(FR44+50) TO STEM			252.21m	CRITICAL REV.	38`46.5 r/min

TURNING CIRCLE AT MAX. RUDDER:35deg.

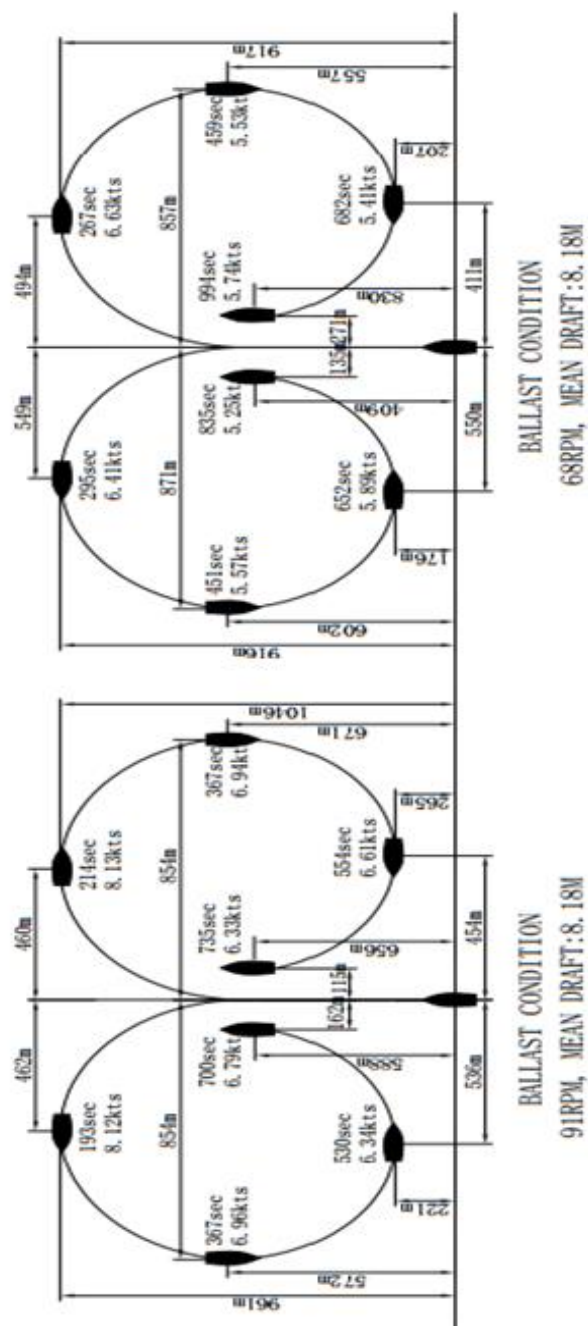
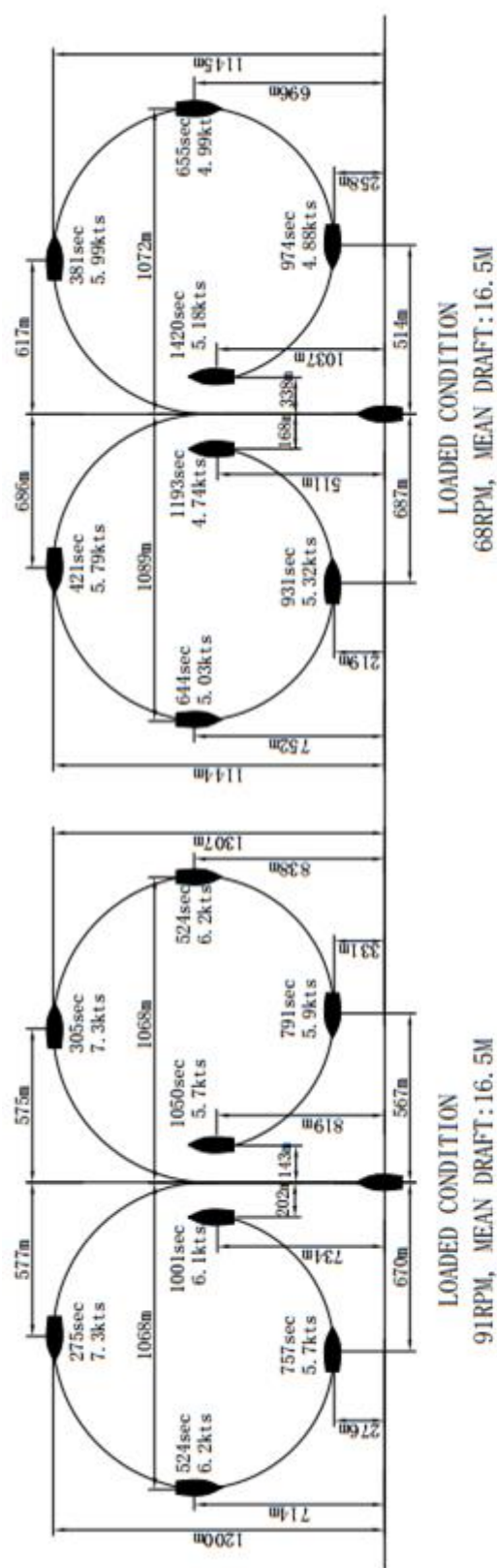


Рисунок 1.3 – Маневрені характеристики судна



STOPPING DATA

CONDITION	AHEAD SPEED (RPM)	ASTERN SPEED (RPM)	CRASH STOP		INERTIAL STOP	
			DISTANCE (M)	TIME (SECONDS)	DISTANCE (M)	TIME (SECONDS)
BALLAST CONDITION	91	-63	3814	942	3434.8	709
LOADED CONDITION	91	-63	6482	1178	5897.1	887

SHIP'S SPEED

CONDITION	SEA SPEED (KTS)			HARBOUR SPEED (KTS)
	14943.7 KW	13155.9 KW	10986.5 KW	
BALLAST CONDITION	16.731	16.114	15.379	12.91
LOADED CONDITION	15.890	15.333	14.453	11.65

Рисунок 1.4 – Маневрені характеристики судна m/v “CHINA PRIDE”

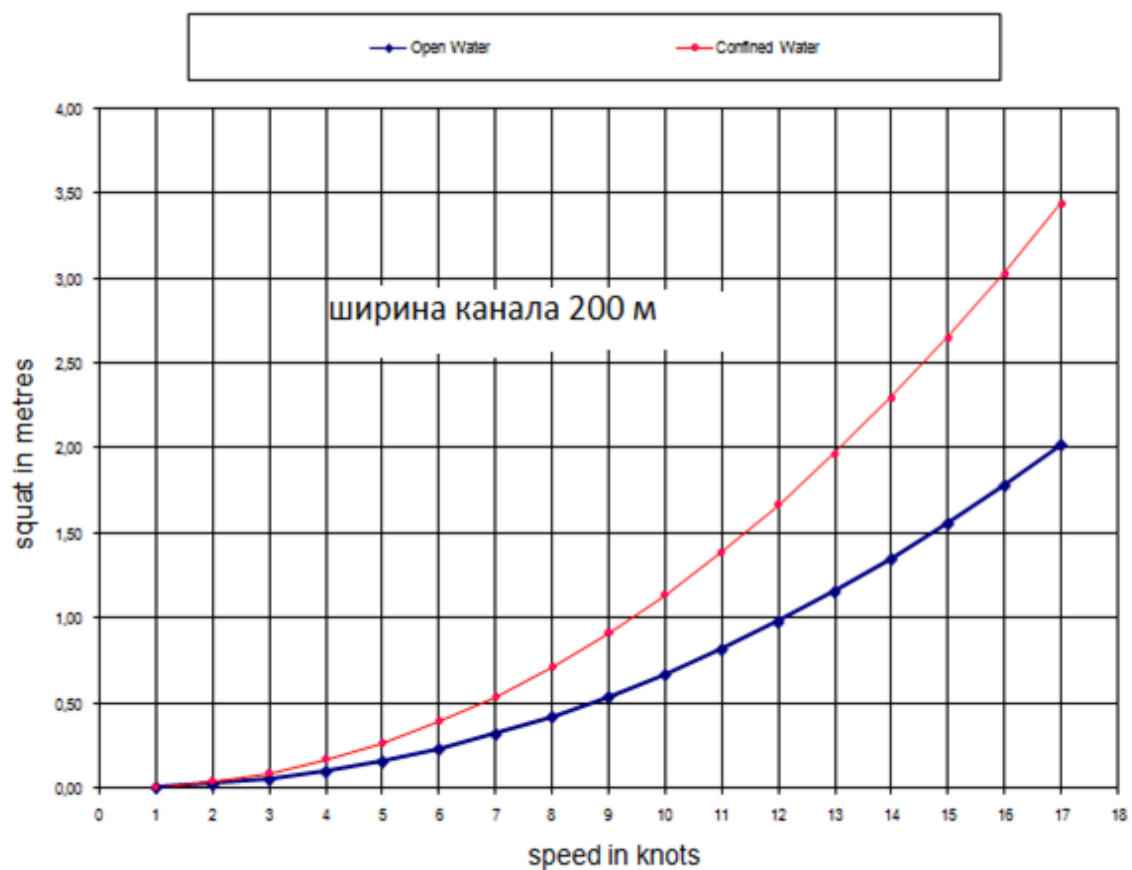


Рисунок 1.5 – Збільшення просідання в залежності від швидкості

1.4. Навігаційне обладнання

Таблиця 1.3 містить інформацію про технічні засоби навігації.

Таблиця 1.3 – Технічні засоби навігації

Прилад	Тип	Марка
S-Band radar	FAR 2837S	JRC
X-Band radar	FAR 2827	JRC
AIS	FA – 1502, Клас А	Leica MX420
Autopilot	PR 6812A - DW - SS2	FURUNO
Gyro	RP- 41-1	TOKYO KEIKI
Echo sounder	FE-701	FURUNO
Doppler lag	Doppler DS-511	FURUNO
VHF radio	FM 8800D	FURUNO
MF/HF radio	FS - 2571C	FURUNO

Продовження таблиці 1.3

Facsimile receiver	FAX - 410	FURUNO
DGPS receiver	GP-150	FURUNO
Portable VHF radios	JOTRON TRON TR20	JOTRON
NAVTEX receiver	NX-700A	FURUNO
Radio transponder	TRON SART20	JOTRON
Magnetic compass	SH	TOKYO KEIKI
Axiometer	SENSOR 305	DEIF
Anemometr	SENSOR 879.3C	DEIF
VDR	VR-3010	FURUNO
EPIRB	Cospas/Sarsat TRON 40S	JOTRON
INMARSAT-C	FELCOM 15	FURUNO
Plotter	CR-4	TOKYO KEIKI

Табл. 1.4 містить інформацію про точнісні характеристики технічних засобів навігації.

Таблиця 1.4 – Точнісні характеристики ТЗН на судні

Тип і марка приладу	Навігаційні параметри	СКП одного вимірювання
Gyro RP- 41-1	Курс, пеленг (°)	$\pm 0,70^\circ$
Magnetic compass SH	Курс, пеленг (°)	$\pm 1,50^\circ$
S-band radar FAR 2837S	Радіолокаційний пеленг (°)	$\pm 0,60^\circ$
X-band radar FAR 2827	Радіолокаційний пеленг (°)	$\pm 0,60^\circ$
Doppler lag DS-511	Швидкість (вузли)	$\pm 0,25$ вуз.
DGPS receiver GP-150	Позиція судна, відхилення (м)	± 5 м
Echo sounder FE-701	Глибина (м)	До 5 м – 0 Від 5 до 20 м – 0,7 м

1.5. Забезпечення непотоплюваності

Судно m/v “CHINA PRIDE” має змішану систему набору корпусу, подвійне дно та дванадцять герметичних відсіків: форпик, дев'ять трюмів, машинне відділення та ахтерпик. Форпикова переборка посилена. Паливні танки знаходяться у дев'ятому та восьмому топсайді. При необхідності шостий трюм може бути використаний для баласту: днище, перебірки та кришка посилені.

Кожен трюм обладнаний двома датчиками затоплення на висоті півметра та двох метрів.

За даними «Інформації про аварійну остійність» (Damage control plan) [3] допустимою є пробоїна висоту рівній відстані від кіля до головної палуби, та шириною рівній $1/5$ ширини судна на рівні найвищої ватерлінії. Пошкодження головних поперечних перебірок не припустимо за жодних умов. Під час несиметричного затоплення кут нахилу не повинен перевищувати 15 градусів, максимальне плече діаграми статичної остійності (ДСО) не повинно бути менше, ніж 0,1 м.

Згідно резолюції ІМО А.325 Reg. 26 на судні виконаний розрахунок затоплення машинного відділення (Flooding calculation) у разі пробоїни на рівні бортового кінгстону. За розрахунками вода досягне рівня другої палуби машинного відділення за 16 хвилин 17 секунд, що відповідає мінімальній вимозі ІМО – не менш 10 хвилин.

Судно забезпечено трьома головними водяними насосами: двома баластними, які здатні перекачувати 2500 м^3 води за годину кожний, і аварійним пожежним, що знаходиться за вимогами Міжнародної Конвенції з охорони людського життя на морі 1974 р. (SOLAS-74 [28]) Розділу II/2 в місці, відокремленому від машинного відділення перебіркою класу А-60, у даному випадку – в румпельному відділенні, виробнича потужність якого – $72 \text{ м}^3/\text{год}$.

РОЗДІЛ 2

АНАЛІЗ, ОЦІНКА ТА ПЛАНУВАННЯ НАВІГАЦІЙНОГО ПЕРЕХОДУ

2.1. Загальні вимоги до аналізу та плануванню навігаційного переходу

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

- Міжнародна Конвенція з охорони людського життя на морі 1974 р. (SOLAS-74), Розділ V «Безпека мореплавства» [28];
- Конвенція та кодекс з підготовки і дипломування моряків та несення вахти (STCW-78 з поправками), Розділ VIII [7];
- Резолюція ІМО А.893 (21) – 1999 р. «Керівництво по плануванню рейсу»;
- Рекомендації з організації штурманської служби на морських судах України – 1998 р. [17];
- Bridge Procedures Guide, 5th Edition, 2016 [5];
- Bridge Team Management, 2nd Edition, 2004 [8].

Існують чотири стадії планування безпечного переходу:

- I. Appraisal (Оцінка).
- II. Planning (Планування).
- III. Execution (Виконання).
- IV. Monitoring (Контроль).

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

2.2. Оцінка запланованого переходу

Процес планування рейсу починається завчасно та включає в себе розклад роботи судна на лінії, інформація оператора судна або агента та інше. Інформація про час майбутнього переходу, необхідності замовлення бункера і суднових запасів, обмеження комерційних можливостей судна в наступному порту (або портах) повинні бути забезпечені попередньою оцінкою переходу.

Для оцінки рейсу використовуються наступні інформаційні джерела:

- каталог карт і посібників для плавання;
- навігаційні та довідково-інформаційні карти;
- Ocean Passages for the World [25];
- гідрометеорологічні карти Світового океану (routeing charts, pilot charts);
- прогнози і аналіз погоди, факсимільні карти погоди, льодові карти, попередження про небезпечні гідрометеорологічні явища, океанографічні відомості;
- морські лоції і керівництва для плавання;
- опису вогнів;
- таблиці морських відстаней;
- Tide tables Guide to Port Entry [11];
- Notices to Mariners, радіонавігаційні попередження системи ВЗНП;
- особистий досвід капітана і його помічників.

Таблиця 2.1 – Перелік карт на перехід

Тип карти	Cell No.	Назва карти	Дата випуску
SENC	PE100100	Golfo de Guayaquil a Isla Macabi	15.12.2012
SENC	PE100200	Isla Guanape a Isla San Gallan	15.12.2014
SENC	PE200120	Punta Paita a Puerto Salaverry	15.11.2016
SENC	PE200210	Puerto Salaverry a Puerto Supe	31.01.2018
SENC	PE200220	Puerto Supe a Punta Infiernillos	23.02.2018
SENC	PE300214	Punta Las Zorras a Bahía Supe	31.08.2018

Продовження таблиці 2.1

Тип карти	Cell No.	Назва карти	Дата випуску
SENC	PE300221	Puerto Supe a Punta Salinas	19.12.2017
SENC	PE300223	Bahia Ancon a Isla Pachacamac	15.10.2014
SENC	PE402233	Bahia del Callao y Miraflores	18.03.2014
SENC	PE502234	La Pampilla - Oquendo	04.04.2016
SENC	PE502235	Puerto del Callao a Isla San Lorenzo	04.05.2015
SENC	PE503122	Puerto San Nicolas	30.09.2018
SENC	PE300325	Punta Picata a Rada de Arica	20.04.2016
SENC	EC300106	Bahia de Santa Elena - Chanduy - Golfo	02.10.2018
SENC	EC200020	Archipelago de Galapagos	24.09.2018
SENC	GB104608	Costa Rica - Guayaquil to Valparaiso	17.06.2016
SENC	GB1A20M5	N Hemisphere - 60E TO 120E	02.10.2019
SENC	GB104811	Pacific Ocean - Central America - Mexico	07.12.2018
SENC	FR277510	Océan Pacifique Nord Ile Clipperton	18.07.2018
SENC	US1WC01M	North Pacific Ocean West Coast of North	15.06.2018
SENC	US1WC07M	San Diego to Aleutian Islands	07.08.2019
SENC	US2WC11M	San Diego to Cape Mendocino	17.06.2018
SENC	MX208082	Punta Eugenia a Cabo Falso B.C.S	29.05.2018
SENC	MX208084	Isla Clarión	13.04.2019
SENC	MX208085	Isla Isabela a Manzanillo. Col.	29.05.2018
SENC	KR1D0000	Korea to Austalia	07.12.2018
SENC	KR1E0000	Nagasaki to Xiamen	07.12.2018
SENC	KR1EN000	East Sea and Yellow Sea	14.12.2018
SENC	KR1F0000	Republic of Korea	07.12.2018
SENC	KR1H0000	Korea to Taiwan	07.12.2018
SENC	KR2F2000	Korea East Coast	07.12.2018
SENC	KR2F4000	Korea South Coast	07.12.2018
SENC	KR3F2M00	Gyeongnyeolbi Yeoldo	08.12.2017
SENC	KR2G2000	Daehan Haehyeop & Approaches	15.12.2019
SENC	KR3F4E00	Geomundo to Daeheuksan Gundo	30.11.2018
SENC	KR3F4J00	Jejudo to Goto Yeoldo	23.11.2018
SENC	KR3F4K00	Jejudo	23.11.2018
SENC	KR3G2M00	Ulleungdo to Dokdo	15.12.2017
SENC	JP14CCJ4	Yellow Sea	04.10.2018
SENC	JP14CCPC	North Pacific Ocean 6	19.10.2018
SENC	JP24IFVG	East China Sea 5	17.11.2017
SENC	JP24IG00	East China Sea 6	24.08.2018
SENC	JP2514Q0	Hokkaido 3	23.03.2018
SENC	JP34M55S	Kyushu 13	17.04.2019
SENC	JP34M560	Kyushu 14	17.04.2019
SENC	C1210011	Yellow Sea and Bohai Sea	05.03.2018

Продовження таблиці 2.1

Тип карти	Cell No.	Назва карти	Дата випуску
SENC	C1311010	Dalian Gang To Chengshan Jiao	03.08.2015
SENC	C1311300	Fuzhou Wan	01.10.2018
SENC	C1311700	Qinhuangdao Gang To Qihe Kou	01.08.2016
SENC	C1311800	Qihe Kou To Longkou Gang	31.12.2018
SENC	C1311900	Dalian Gang To Yantai Gang	23.01.2017
SENC	C1312000	Chengshan Jiao to Changjiang	17.04.2017
SENC	C1312100	Yantai Gang To Rushan Kou	29.04.2019
SENC	C1411370	Dalian Gang To Chang Zuizi	25.06.2018
SENC	C1411710	Qinhuangdao Gang To Caofeidian	08.08.2016
SENC	C1411770	Bohai Wan	20.07.2015
SENC	C1411940	Dijiao To Weihai Gang	23.02.2015
SENC	C1412110	Weihai Gang To Shidao Gang	11.03.2019
SENC	C1511421	Laotieshan Shuidao	02.12.2017
SENC	C1511661	Tangshan Gang and Approaches	13.04.2018
SENC	C1511761	Tangshangang Caofeidian Gangqu	11.03.2019
SENC	C1511762	Caofeidian Gangqu	26.09.2016
SENC	C1511763	Tianjin Gang and Approaches	18.12.2017
SENC	C1511771	Tianjin Gang	24.12.2018

Таблиця 2.2 – Перелік публікацій на перехід

Номер	Назва посібника	Дата випуску
NP 7	Admiralty Sailing Directions: South America Pilot Vol. III	13th edition, 2019
NP 8	Admiralty Sailing Directions: Pacific Coasts of Central America and United States Pilot	14th edition, 2018
NP 62	Admiralty Sailing Directions: Pacific Islands Pilot Vol. II	14th edition, 2018
NP 42A	Admiralty Sailing Directions: Japan Pilot Vol. II	6th edition, 2017
NP 42B	Admiralty Sailing Directions: Japan Pilot Vol. III	11th edition, 2018
NP 42C	Admiralty Sailing Directions: Japan Pilot Vol. IV	5th edition, 2018

NP 32B	Admiralty Sailing Directions: China Sea Pilot, Vol. III	10th edition, 2017
NVA	Admiralty Digital publication: Admiralty Total Tide	2019
NVA	Admiralty Digital List of Lights & Fog Signals	2019
NP 100	Admiralty Digital Mariner's Handbook	2019
NP 314	Admiralty Nautical Almanac	2019
NVA	Admiralty Digital Radio Signals 1,3,4,5; 2; 6	2019
NP 323	Star Finder and Identifier	2019
NP 131	Admiralty Digital Catalogue	2019
NP 136	Ocean Passages for the World	2018
NP 133C	Admiralty ENC Maintenance Record	2014
NVA	Nories's Nautical Tables	2018

2.2.1. Підготовка для прийому та обміну навігаційною інформацією на переході

В наш час підготовка для прийому та обміну навігаційною інформацією вирішуються штурманським складом в процедурах і з використанням апаратних засобів ГМЗЛБ. Однією з функцій ГМЗЛБ є передача на судна в море інформації з безпеки мореплавства (ІБМ). Збором, координацією і передачею ІБМ займається міжнародна служба безпеки SafetyNET, що є складовою частиною ГМЗЛБ.

Служба SafetyNET передає на судно навігаційні, метеорологічні попередження, метеопрогнози, повідомлення про лихо, дані по коректури карт і іншу термінову інформацію.

Інформація про безпеку мореплавства надходить в SafetyNET від безлічі офіційних постачальників інформації, зареєстрованих ІМО, основним з яких є

Всесвітня служба навігаційних попереджень (ВЗНП), статус і завдання якої визначені прийнятої ІМО Резолюцією Асамблеї А.419 (ХІ).

Передачі ІБМ здійснюються англійською мовою. Повідомлення SafetyNET від офіційних постачальників інформації приймаються і обробляються на береговій станції автоматично. Найбільш важливі повідомлення повторюються через 6 хвилин після першої передачі. Мікропроцесор приймача забороняє повторний друк повністю правильно прийнятих повідомлень.

Для отримання ІБМ в приймач повинен бути введений номер NAVAREA (при бажанні можна організувати прийом повідомлень і для сусіднього району; для цього достатньо ввести через кому два номери районів NAVAREA, інформацію по яким необхідно приймати). Приймач не може перебувати в стані, коли немає ніякого номера району NAVAREA. Якщо номер не введено вручну, він буде проставлено автоматично за координатами судна. Якщо координати судна не оновиться протягом 24 годин, то автоматично введений номер NAVAREA буде анульований і приймач почне здійснювати прийом інформації мережі SafetyNET по всьому океанському району, яке обслуговується даними супутником.

Крім повідомлень NAVAREA на переході організовується прийом ІБМ по мережі NAVTEX. NAVTEX (навігаційний телекс) - це міжнародна автоматизована система передачі навігаційних і метеорологічних попереджень і термінової інформації.

За допомогою посібника використовуємо інформацію щодо факсимільних карт погоди та зводимо її до табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Радіостанції факсимільних гідрометеорологічних передач

№ п/п	Радіостанція	Позначення і межа карти	Зміст передачі	Час передачі
1	Valparaiso Playa Ancha	10°S.120°W 10°S.050°W 80°S.130°W 80°S.030°W	Surface Analysis Surface Forecast 12 h	11h 00m 23h 10m
3	Tokyo (JMH)	38°N 065°E 38°N 145°W 01°S 112°E 01°S 167°W	Surface analysis Tropical cyclone	02h 40m

			forecast Surface prognosis 24 hour	01h 50m 05h 48m
4	Seoul	49°N 082°E 52°N 160°E 17°N 145°E 16°N 100°E	Surface analysis Far East	04h 47m
№ п/п	Радіостанція	Позначення і межа карти	Зміст передачі	Час передачі
5	Beijing	42°N 023°E 48°N 174°E 04°S 070°E 02°S 145°E	Surface analysis 24 hour surface prognosis	04h 50m 00h 08m

За допомогою посібника вибираємо інформацію про райони NAVAREA і станції NAVTEX за маршрутом переходу (табл. 2.4).

Таблиця 2.4 – Райони NAVAREA, станції NAVTEX на переході

№	Ділянка переходу	Р-н NAVAREA	NAVTEX	NAVAREA
1	Західне узбережжя Південної Америки, Тихий океан	XVI	Mollendo [W]	Peru
			Callao [U]	Peru
			Paita [S]	Peru
2	Галапагоські острови, Тихий океан	XII	Ayora [L]	USA
3	Тихий океан, Гавайські острови	XII	Honolulu [O]	USA
4	Тихий океан, Японські острови	XI	Yokohama [I]	Japan
			Moji [H]	Japan
5	Східно - Китайське море, Жовте море, затока Бохай	XI	Pyonsan [I]	South Korea
			Pyongyang [D]	China
			Dalian [R]	China

За допомогою посібника визначають наявність по маршруту контрольних постів, районів, де здійснюється управління рухом суден постами СУРС (Reporting Areas), вирішують питання про зв'язок з контрольними станціями та постами – терміни, форми та способи подачі інформації. З'ясовують деталі зв'язку з лоцманськими станціями та операторами терміналів в портах.

Отримані відомості зводимо до табл. 2.5 та 2.6.

Таблиця 2.5 – Зв’язок на переході

№	Станція	Спосіб зв’язку	Канали, частоти	Примітки
1	Agnav station, San Nicolas, Peru	VHF	13,14,16	Reporting before and after anchorage
2	Tianjin Pilot station	VHF	06,16	Call pilot
3	Tianjin Port control	VHF	12	Permit for anchorage

Таблиця 2.6 – СУРС по маршруту переходу

№	Traffic separation scheme	Station	VHF	Reporting point description
1	San Nicolas	San Nicolas Pilot	14, 16	No need to report
2	Dalian TSS	Dalian VTS	06,10,16	When entering and leaving VTS area
3	Caofeidian TSS	Caofeidian VTS	12, 16	No need to report
4	Tianjin Gang	Tianjin VTS	09,16	When entering and leaving VTS area

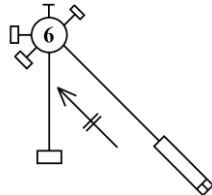
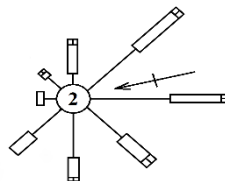
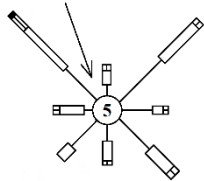
На підставі аналізу навігаційної інформації робимо висновок про достатність інформаційного забезпечення та безпечного плавання на переході.

2.2.2. Збір та аналіз гідрометеорологічної інформації

Аналіз гідрометеорологічних умов по маршруту плавання виконується за період переходу, що проробляється. Для цього використовуються середні багаторічні дані, які наведені в Атласах океанів, кліматологічних, гідрографічних і океанографічних посібниках [9], Pilot Chart. Для опису гідрометеорологічних умов розбиваємо перехід на ділянки.

Атмосферний тиск, вітер та «рози вітрів» занесені до табл. 2.7.

Таблиця 2.7. Атмосферний тиск та розшифровка «роз вітрів»

Характеристики за ділянками	Зах. узбережжя Півд. Америки від 15°S до 0°			Японські острови			Жовте море		
Атмосферний тиск, гПа	1013			1015			1017		
Вітер	Роза вітрів №1			Роза вітрів №2			Роза вітрів №3		
Направлення вітру	Повторюваність вітру, %								
	Сумарна	11-15 м/с	>16 м/с	Сумарна	11-15 м/с	>16 м/с	Сумарна	11-15 м/с	>16 м/с
N	2	0	0	15	2	0	9	2	0
NE	60	10	5	30	2	0	9	2	0
E	15	5	0	23	2	0	15	5	2
SE	5	0	0	7	2	0	8	3	0
S	0	0	0	15	0	0	7	2	0
SW	0	0	0	7	0	0	7	2	0
W	0	0	0	5	0	0	7	0	0
NW	0	0	0	5	0	0	7	0	0
Результуючий вітер	направлення у румбах		SW	направлення у румбах		NE	направлення у румбах		NW
	швидкість, м/с		3-5	швидкість, м/с		3-5	швидкість, м/с		<3
Максимальна швидкість вітру, м/с	спостережена		-	спостережена		20	спостережена		40
	розрахункова		24	розрахункова		-	розрахункова		-
Повторюваність штилів, %	6			2			5		
Схема рози вітрів									

Температура повітря та води, відносна вологість, повторюваність туманів та видимість менше двох миль, хмарність, основні характеристики течій та хвиль району занесені до табл. 2.8.

Таблиця 2.8. – Видимість, водний та тепловий режими атмосфери, гідрологічні характеристики

Характеристики за ділянками		Зах. узбережжя Півд. Америки від 15°S до 0°	Японські острови	Жовте море
Температура повітря, °C		20	18	15
Температура води, °C		20	15	11
Відносна вологість, %		75	80	80
Повторюваність туманів, %		1	2	5
Видимість менше 2 миль		10	10	20
Хмарність, бали		5	7	7
Солоність води, ‰		35,0	32,0	33,2
Щільність води, г/см ³		1,026	1,025	1,025
Постійні течії	назва	Перуанська течія	Течія Куросіо	Тайванська течія
	Термодинамічна хар-ка	холодна	тепла	тепла
	направлення	NW	NE	NNE
	Швидкість, вуз	0,5	1,5	0,5
	Стійкість	70	70	65
Швидкість приливних течій, вуз		1,5	-	1,25
Висота хвиль, м	середня	1,5	1,0	1,0
	максимальна	10	10	<5
Період хвиль, с		3	4	2

2.2.3. Збір та аналіз навігаційної інформації при прибережному плаванні

За допомогою Guide to Port Entry [11], Admiralty Sailing Directions [10] та Admiralty List of Lights and Fog Signals [19] надаємо інформацію щодо порту завантаження Сан-Ніколас, порту вивантаження Тяньцзінь, місць лоцманської проводки, якірних стоянок та іншої необхідної інформації.

Порт завантаження Сан-Ніколас (Перу) розташований на західному узбережжі Південної Америки ($15^{\circ}15'S$, $075^{\circ}14'W$) в південній частині затоки Сан-Ніколас. Неподалік від узбережжя, в 20 кілометрах, знаходяться головні залізодобувні шахти Республіки Перу, тому порт загалом орієнтований на експорт залізної руди, та в меншому степені генеральних та нафтоналивних вантажів. Оскільки залізорудний термінал побудовано за участю корпорації Shougang International Group, то 90% вантажів руди експортується в Китайську Народну Республіку. Порт приймає судна з максимальною довжиною 320 м шириною 50 м та дедвейтом 240 000 тон.

Переважні вітри – східні та південно-східні бризи. В районі якірної стоянки діють стрімкі приливні течії, швидкість яких сягає до 1, а біля причалу до 1,5 вузла. Щільність води становить $1,026 \text{ т/м}^3$.

Порт забезпечує 8 якірних місць, де судна очікують чергу на завантаження. Підхід до зони якірної стоянки відбувається через затоку Сан-Ніколас з західного напрямку в 7,5 милях південно-західніше від порту Сан Фернандо з використанням системи розподілу руху. Глибини в зоні якірної стоянки переважно 70 – 100 метрів. Тип дна – пісок та глина. В точці з координатами $15^{\circ}13.6'S$ $075^{\circ}15.1'W$ на глибині 154 м знаходяться залишки затопленого судна, класифікуються як не небезпечні, але слід приділяти увагу цьому при віддачі якоря на якірній стоянці № 6. Перед заходом на якір треба викликати Сан-Ніколас Порт Контроль на 14 каналі VHF та запросити дозвіл і місце становлення на якір. Для полегшення орієнтування діє маяк Punta San

Nicolas Lighthouse, який розташований в точці з координатами 15°15.2`S, 075°15.4`W.

При залишанні порту треба рухатись курсом на північ від причалу, а згодом використовуючи полосу системи розподілу руху рухатись впродовж 5 миль курсом в напрямку WNW.

Лоцманська проводка обов'язкова для всіх суден під час підходу до причалу та відходу. Лоцман потрапляє на борт судна за допомогою лоцманського катеру, в точці, яка знаходиться на відстані 1 милі північніше причалу. В районі порту діє регіон В міжнародної системи навігаційного огороження Міжнародної Асоціації Маячних Служб (МАМС).

Порт має лише 1 буксир, який допомагає при швартовці, тому під час підходу до причалу лівим бортом потрібно віддати лівий якір та витравити 1,5 смички ланцюга, а згодом збільшити його довжину до 8 смичок. Глибина підхідного каналу в час відливу становить 22 м.

Довжина причалу 327,6 м, ширина – 15 м. Судна класу VLCC (very large ore carrier) з дедвейтом 180 000 тон і більше швартуються лівим бортом до західної сторони причалу, тоді як судна General cargo та нафтоналивні танкери швартуються правим бортом до східної сторони.

Очікувану дату приходу судна слід надсилати електронною поштою агенту за 5 днів, 48 та 24 годин. Коли судно стане на якір, треба викликати агента на 14 каналі VHF та відрепортувати.

Необхідні документи для оформлення приходу: Crew List за вимогами IMO, List of Last 10 Port of Call, Crew Effects List, Notice of Readiness, Maritime Health Declaration, Vaccination List, Narcotic List, Passenger List, NIL List, Ballast Water Report, ISPS Report, Ship`s Store List, а також наступні сертифікати: Ship Sanitation Control Exemption Certificate (SSCEC), Document of Compliance, International Ship`s Security Certificate (ISSC), Ship`s General Particulars, Pilot Card, Registry Certificate, International Tonnage Certificate, Minimum Safe Manning Certificate, Civil Liability For Bunker Oil Pollution Damage Certificate (CLC), Fitness for Carriage Solid Bulk Cargo Certificate, Radio License Certificate,

International Oil Pollution Certificate (IOPP), International Air Pollution Certificate (IAPP).

На відхід потрібно отримати від агента всі коносаменти (Bills of Lading), Cargo Manifest, Cargo Moisture Content, Cargo Hold's Dimensions та складений Stowage plan ,а також Port Clearance.

План порту Сан-Ніколас зображено на рис. 2.1.

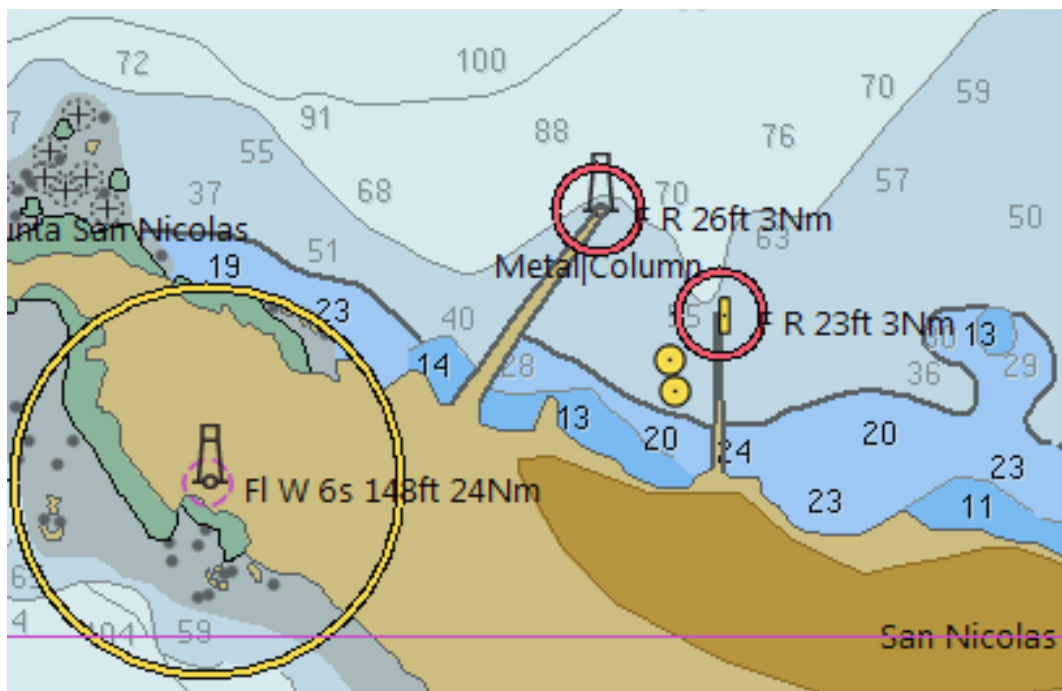


Рисунок 2.1 – План порту Сан-Ніколас

Порт розвантаження Тяньцзінь (Китайська Народна Республіка) – один із найбільш передових та великих портів півночі Китайської Народної Республіки, розташований в Бохайській затоці (38°59'N, 117°45'E) на північному вході до Великого китайського каналу Даюньхе, з'єднаного з ріками Хуанхе та Янцзи. Порт використовується для експорту, імпорту та перевалки майже всіх видів вантажів, має контейнерні, ролкерні, пасажирські, газо- та нафтоналивні термінали, термінали для опрацювання всіх виді генеральних та навальних вантажів.

На сході Бохайської затоки в кінці квітня та на початку травня переважають в рівному степені південні, південно-східні, північно-західні, північно-східні вітри. З жовтня по квітень в районі якірної стоянки та підхідного фарватеру нерідко можна спостерігати тумани, однак у другій половині дня видимість значно ліпшає. Під час туману всі заходи та виходи із порту припиняються.

Рівень моря значно залежить від напрямку та сили вітру, східні вітри підвищують рівень, тоді як північні – понижують. Максимальний прилив становить 3,5 м, мінімальний – 2,2 м. Приливна течія в районі маяка Dagu ($38^{\circ}56'N$, $117^{\circ}59'E$) спрямовується в напрямку NW під час приливу та в напрямку SE під час відливу зі швидкістю 0,75 вузлів. В каналі швидкість течії сягає 1,5 вузли. Щільність води становить $1,025 \text{ т/м}^3$.

Порт забезпечений шістьма основними якірними ділянками та двома тимчасовими з глибинами 30-70 м, тип дна – глина. Усі якірні ділянки є універсальними та призначені для: очікування, карантину, проведення інспекцій та прийому лоцмана. Суднам рекомендовано триматись від інших суден на якорі на відстані рівній 0,5 милі. При постановці та знятті з якоря слід запросити дозвіл на 12 каналі VHF.

Підхід до порту здійснюється з напрямку ESE, по головному глибоководному фарватеру Chuanzhadong Channel, який позначається латеральними буями регіону В міжнародної системи навігаційного огороження Міжнародної Асоціації Маячних Служб (МАМС).

Лоцманська проводка обов'язкова для всіх суден, діє цілодобово. Лоцман потрапляє на борт зазвичай за допомогою гелікоптера на якірній/карантинній стоянках. Час прибуття лоцмана узгоджується з лоцманською станцією на 6 каналі VHF.

Порт Тяньцзінь має понад 30 буксирів потужністю від 2600 до 6000 к.с. Для швартовки суден дедвейтом понад 200 000 тон використовують мінімум 4 буксири, які супроводжують судно вздовж каналу та допомагають при постановці до причалу.



Дані про засоби навігаційного обладнання вказані у табл. 2.9.

Таблиця 2.9 – Засоби навігаційного обладнання

№	Name	Position		Characteristics	Range
		φ	λ		
1	Punta San Nicolas lighthouse	15° 15.2` S	075° 15.4` W	Fl W 6s 46 m	26
2	Breakwater, head	15° 14.9` S	075° 14.7` W	F.R.	3
3	Pier, head	15° 15.1` S	075° 14.5` W	F.G.	3
4	Dolphin	15° 15.1` S	075° 14.5` W	F.R.	2
5	Bentonita Plant	15° 15.6` S	075° 14.5` W	F.G.	3
6	Kishika Saki	30° 50.1` N	131° 03.5` E	Al.Fl.W.R. 14s	16
7	Sata Misaki	30° 59.5` N	130° 39.5` E	Fl.W. 10s	21
8	Tsurikake Saki	31° 37.4` N	129° 41.5` E	Fl.W. 15s	23
9	Me Shima	31° 59.5` N	128° 21.0` E	Fl.W. 15s	21
10	Marado	33° 06.9` N	126° 16.2` E	Fl W 10s	26
11	Beihuangcheng Dao	38° 23.7` N	120° 54.6` E	Fl. W. 15s	25
12	Caofeidian	38° 55.1` N	118° 30.4` E	Fl. W. 15s	21
13	Dagu	38° 56.4` N	117° 58.8` E	Fl.W. 10s	36

2.3. Навігаційні розрахунки для забезпечення безпеки плавання

2.3.1. Розрахунок ортодромії

Виконаємо розрахунок ортодромії на переході через Тихий океан від узбережжя Мексики до Японських островів. Задаємося відповідними координатами: $\varphi_n = 17^\circ 51.6` N$ ,  $\lambda_n = 114^\circ 28.1` W$.

$\varphi_k = 30^\circ 43.7` N$ ,  $\lambda_k = 140^\circ 04.1` E$.

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

φ_K	$+30^{\circ} 43'$
-	-
φ_H	$+30^{\circ} 43'$
$\Delta\varphi$	$13^{\circ} 32' (\text{к N})$

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

λ_K	$+140^{\circ} 04'$
-	-
λ_H	$-114^{\circ} 28'$
-	$254^{\circ} 32'$
-	360°
$\Delta\lambda$	$106^{\circ} 32' (\text{к W})$

3. Знаходимо різницю меридіональних частин (m) за формулою (2.1):

$$(2.1) \quad m = 3437,75 * \ln \frac{\operatorname{tg}(45^{\circ} + \frac{(\varphi_K)}{2})}{\operatorname{tg}(45^{\circ} + \frac{(\varphi_H)}{2})}$$

$$m = 851,27.$$

4. Визначаємо локсодромічний курс по формулі (2.2):

$$K_L = \operatorname{arctg} (\Delta\lambda / m) \quad (2.2)$$

$$K_L = 82,01^{\circ}$$

Так як $\Delta\lambda < 0$, то $K_L = 360^{\circ} - K_L = 277,98^{\circ}$

$$K_L = 277,98^{\circ}$$

5. Розраховуємо локсодромічну відстань за формулою (2.3):

$$S_L = \Delta\varphi / \cos K_L = 5833,7 \text{ миль.} \quad (2.3)$$

6. Розраховуємо довжину ортодромії за формулою (2.4):

$$D = \arccos (\sin \varphi_n \sin \varphi_k + \cos \varphi_n \cos \varphi_k \cos \Delta\lambda). \quad (2.4)$$

$$D = 5611,31 \text{ миль.}$$

7. Визначимо доцільність плавання по ортодромії за формулою (2.5):

$$\Delta D = S_{\text{л}} - D. \quad (2.5)$$

$$\Delta D = 5833,7 - 5611,31 = 222,4 \text{ миль.}$$

Після виконання розрахунків робимо висновок, що плавання по ортодромії дозволяє зменшити пройдений шлях на 222,4 милі, що підтверджує доцільність плавання по ортодромії.

2.3.2. Складання маршрутних листів

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

Маршрутний лист переходу з порту Сан-Ніколас (Перу) в порт Тяньцзінь (Китай) показано у табл. 2.10.

Таблиця 2.10 – Маршрутний лист

WP №	Name	Position	True Cours e°	Dist, миль	DTG, миль	ХТ Дми ль
1	San Nicolas, berth №1	15° 15.2` S, 075° 14.6` W	359,0	0,99	10150,8 2	0,1
2	-	15 14.7` S, 075° 26.6` W	267,0	11,7	10139,1 2	0,3

Продовження табл. 2.10

3	-	14° 59.4` S, 076° 07.5` W	317,0	42,53	10096,5 9	1
4	-	13° 08.8` S, 077° 52.0` W	331,0	150,45	9946,14	1
5	Galapagos Islands	00° 37.1` S, 084° 49.1` W	302,0	859,16	9086,98	1
6	Start Great Circle	14° 01.9` N, 108° 45.3` W	305,0	1680,0 5	7406,93	1
7	-	17° 51.7` N, 114° 28.1` W	303,0	403,38	7003,55	1
8	-	21° 30.9` N, 120° 25.5` W	301,0	403,23	6600,32	1
9	-	24° 56.6` N, 126° 40.6` W	298,0	403,07	6197,25	1
10	-	28° 05.7` N, 133° 16.2` W	295,0	402,91	5794,34	1
11	-	30° 54.5` N, 140° 14.2` W	291,0	402,75	5391,59	1
12	-	33° 19.5` N, 147° 35.6` W	287,0	402,61	4988,98	1
13	-	35° 17.0` N, 155° 19.6` W	282,0	402,48	4586,50	1
14	-	36° 43.5` N, 163° 23.2` W	278,0	402,39	4184,11	1
15	-	37° 36.1` N, 171° 41.6` W	272,0	402,32	3781,79	1
16	-	37° 53.0` N, 179° 52.2` E	267,0	402,29	3379,50	1
17	-	37° 33.6` N, 171° 26.3` E	262,0	402,29	2977,21	1
18	-	36° 38.6` N, 163° 08.8` E	257,0	402,33	2574,88	1
19	-	35° 09.9` N, 155° 06.3` E	253,0	402,39	2172,49	1
20	-	33° 10.5` N, 147° 23.8` E	249,0	402,49	1770,00	1
21	Finish Great circle	30° 43.7` N, 140° 04.1` E	273,0	402,62	1367,38	1
22	-	31° 07.9` N, 131° 24.7` E	250,0	448,38	919,00	1
23	Osumi	30° 53.3` N, 130° 38.6` E	276,0	42,26	876,74	1
24	Sata Misaki	30° 56.5` N, 130° 02.9` E	279,0	30,93	845,81	1
25	Kuro Shima	31° 03.6` N, 129° 09.8` E	303,0	46,29	799,52	1
26	-	32° 48.5` N, 126° 00.3` E	319,0	192,71	606,81	1
27	-	34° 08.5` N, 124° 38.5` E	345,0	105,26	501,55	1
28	Chejudo	37° 26.0` N, 123° 35.1` E	306,0	204,14	297,41	1
29	Gageocho	37° 45.3` N, 123° 01.9` E	297,0	32,69	264,72	1
30	-	38° 37.5` N, 120° 52.0` E	272,0	115,06	149,66	1
31	Dalian TSS	38° 39.8` N, 119° 39.7` E	281,0	56,78	92,88	1
32	-	38° 45.9` N, 118° 58.7` E	285,0	32,72	60,16	1
33	-	38° 48.8` N, 118° 44.4` E	278,0	11,53	48,63	1
34	Caofeidian TSS	38° 51.5` N, 118° 18.9` E	275,0	20,15	28,48	0,5
35	-	38° 51.9` N, 118° 13.1` E	299,0	4,57	23,91	0,3
36	-	38° 52.6` N, 118° 11.5` E	307,0	1,43	22,48	0,1
37	-	38° 55.2` N, 118° 07.1` E	281,0	4,29	18,19	0,1
38	-	38° 57.7` N, 117° 50.4` E	282,0	13,3	4,89	0,1

Продовження табл. 2.10

39	Tianjin anchorage	38° 58.4` N, 117° 46.2` E	283,0	3,3	1,59	0,1
40	Tianjin channel	38° 58.6` N, 117° 45.4` E	298,0	0,69	0,90	0,1
41	-	38° 58.8` N, 117° 44.7` E	341,0	0,57	0,33	0,1
42	Tianjin berth	38° 59.1` N, 117° 44.6` E	-	0,33	0	0,1

2.3.3. Графічний план переходу

Результати навігаційного планування переходу оформлено у вигляді графічного плану переходу, який зображено на рис. 2.3. На графічному плані нанесена наступна інформація: курс судна, назви портів відходу та заходу.



Рисунок 2.3 – Графічний план переходу

2.3.4. Розрахунок природної освітленості

Розрахунки освітленості виконуємо двома послідовними наближеннями:

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

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

Далі розраховуємо по Nautical Almanac моменти (ZT) явищ, характеризуючих освітленість за допомогою таблиць «Conversion of ARC to Time» і «Tables for Interpolating Sunrise, Moonrise, etc». Результати вносимо до табл. 2.11.

По широті місця судна ϕ і схиленню Сонця (δ) на моменти його сходу і заходу по формулі $\tan A$ розрахуємо азимути Сонця (Z) при сході і заході. Результати вносимо до табл. 2.11.

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

Місцевий час явища переводимо у Грінвічний:

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

Грінвічний час явища переводять в судновий:

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

У табл. 2.11 приведено елементи освітленості на початок, середину та кінець рейсу.

Наведено приклад розрахунку елементів освітленості на 27.02.2018 по Nautical Almanac 2019 [14], $\phi = 07^{\circ}34'S$, $\lambda = 084^{\circ}26'W$.

Twilight		Sunrise		Sunset		Twilight	
LMT	05 19	LMT	05 47	LMT	18 05	LMT	18 55
$+\Delta T_{\phi}$	0001	$+\Delta T_{\phi}$	0001	$+\Delta T_{\phi}$	0001	$+\Delta T_{\phi}$	0001
$+\Delta T_{\lambda}$	-	$+\Delta T_{\lambda}$	-	$+\Delta T_{\lambda}$	-	$+\Delta T_{\lambda}$	-
C.LMT	05 20	C.LMT	05 48	C.LMT	18 06	C.LMT	18 56
$\pm \lambda$	+05 05	$\pm \lambda$	+05 05	$\pm \lambda$	-05 05	$\pm \lambda$	-05 05
GMT	10 25	GMT	10 53	GMT	13 01	GMT	13 51
$\pm \text{ZD}$	-5	$\pm \text{ZD}$	-5	$\pm \text{ZD}$	+5	$\pm \text{ZD}$	+5
ZT	05 25	ZT	05 53	ZT	18 01	ZT	18 51

Таблиця 2.11 – Елементи освітленості

Date	Twil.	SUN				Twil.	MOON		
		Sunrise ZT	Z	Sunset ZT	Z		Moon rise ZT	Age	Moon Set ZT
27.02.24	05:25	05:53	87°	18:01	274°	18:5	02:07	25(20) %	15:11
24.03	05:15	05:41	89°	19:08	305°	19:53	01:22	22(45) %	11:52
18.04	04:53	05:19	71°	18:53	290°	19:42	20:59	15 (99)%	05:59

2.3.5 Розрахунок висот приливів та побудова графіків приливів

Розрахунок приливних явищ та побудову графіків приливів здійснюємо для портів відходу та приходу, приклад надається в табл. 2.12 та 2.13.

Таблиця 2.12 – Приливні явища в порту Сан-Ніколас

Standart Port	Вальпараісо									
Secondary Port	Сан Жуан				Date	27.02.		Time Zone -0500		
Standart Port	TIME		HEIGHT		RANGE	TIME		HEIGHT		RANGE
	LW	HW	LW	HW		LW	HW	LW	H W	
	08:08	14:55	0,6	1,4		0,8	22:05	02:24	0,6	
Seasonal Change	Standart port		0,0	0,0		Standart Port		0,0	0,0	
DIFFERENCES	-0249	-0240	- 0,4	- 0,8		-0249	-0240	- 0,3	- 0,7	
Seasonal Change	Secondary port		0,0	0,0		Secondary Port		0,0	0,0	
SECONDARY PORT	05:19	12:15	0,2	0,6		19:16	23:44	0,3	0,4	
Duration	06:24					04:17				

Таблиця 2.13 – Приливні явища в порту Тяньцзінь

Standart Port	Тяньцзінь									
Secondary Port	Date					18.04		Time Zone +0800		
Standart Port	TIME		HEIGHT		RANGE	TIME		HEIGHT		RANGE
	LW	HW	LW	HW		LW	HW	LW	H W	
	08:16	13:56	1,3	3,5		20:36	01:25	1,4	3,6	
Seasonal Change	Standart port					Standart Port				
DIFFERENCES										
Seasonal Change	Secondary port					Secondary Port				

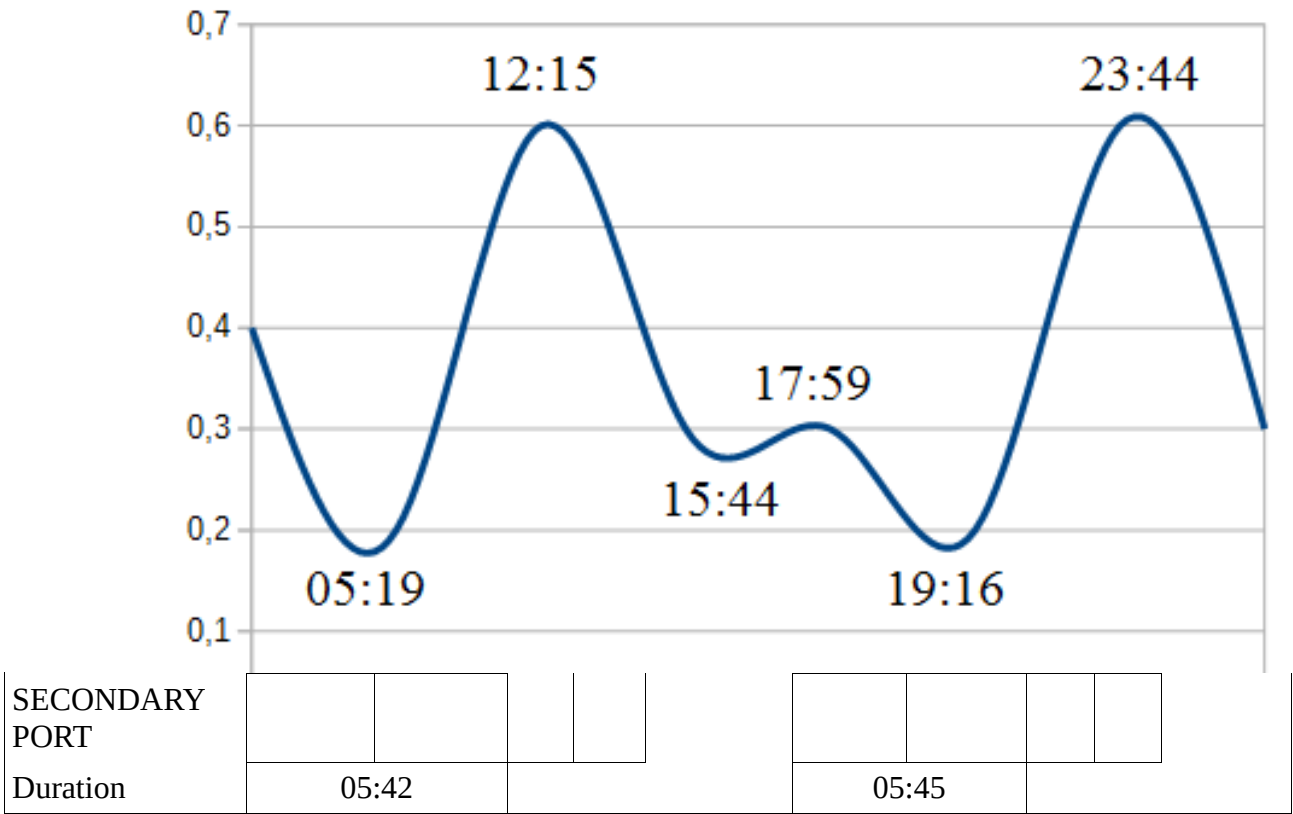


Рисунок 2.4 – Графік приливів для порту Сан-Ніколас

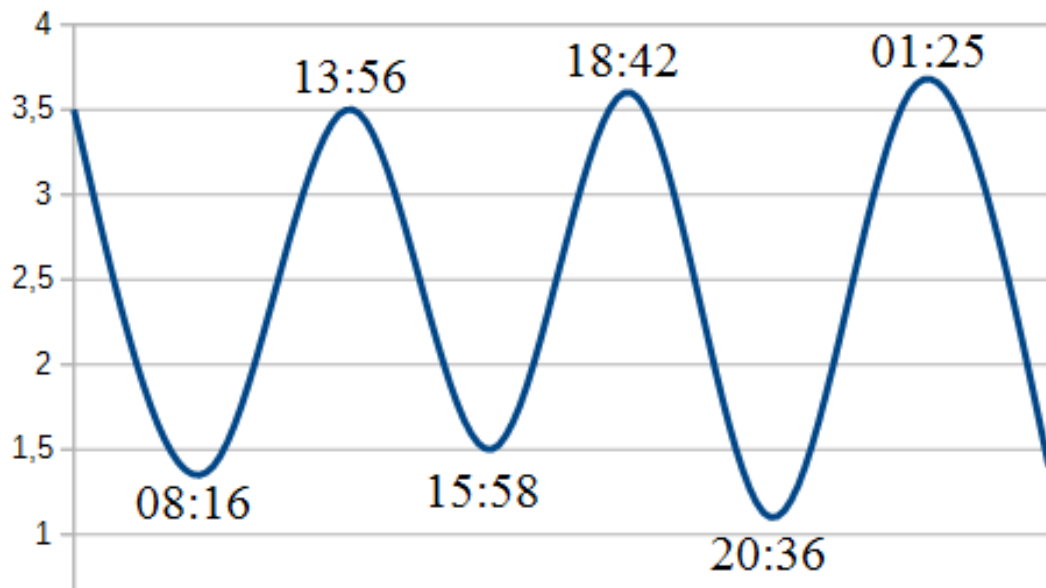


Рисунок 2.5 – Графік приливів для порту Тяньцзінь

2.4. Висновки

Отже, зібравши та опрацювавши всю необхідно навігаційну та гідрометеорологічну інформацію з відповідністю до всіх міжнародних вимог щодо безпеки судноплавства було сплановано навігаційний перехід судна “Paparola” з порту Сан-Ніколас в порт Тяньцзінь, підготовлені навігаційні карти, публікації. Тривалість маршруту складає 10151,8 миль. При виконанні трансокеанського переходу плавання здійснюється по ортодромії, що скорочує відстань на 222,4 милі та дозволяє зекономити паливо та час.

Дослідивши Атлас океанів та лоції на підставі багаторічних даних погоди переконались у тому, що перехід, здійснюваний протягом квітня та травня місяців, є відносно безпечним. Ймовірність штормів вкрай мала, але зважаючи на початок сезону зародження тропічних циклонів в північній частині Тихого океану були розроблені, проаналізовані та прийняті в роботу процедури та інструкції, що дозволять уникнути тропічні циклони та захистити судно в ситуації стихійного лиха. Також був підготовлений план з отримання

метеорологічних факсимільних попереджень від берегових станцій протягом всього переходу. Прийнято до уваги, що в Жовтому морі та Бохайській затоці підвищена ймовірність виникнення туманів, процедури щодо здійснювання плавання в районах з обмеженою видимістю перевірені.

Під час плавання судно буде використовувати системи розподілу руху, інформація про необхідні доклади зібрана та опрацьована. Проаналізовані усі засоби навігаційного обладнання по всьому маршруту.

РОЗДІЛ 3

ОБРОБКА ТА РОЗМІЩЕННЯ ВАНТАЖІВ

3.1. Транспортні характеристики вантажів

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

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

Перевезення навалювальних вантажів регламентується міжнародними документами:

- International Convention for the Safety of Life at Sea (SOLAS 74/78), Chapters VI, VII [28];

- International Convention for the Prevention of Pollution from Ships (MARPOL 73/78) [6];

- International Maritime Dangerous Goods Code (IMDG Code) [29];

- International Maritime Solid Bulk Cargoes Code (IMSBC Code) [20];

- Code of Practice for the Safe Loading and Unloading of Bulk (BLU Code) [30];

- Thomas Stowage: The Properties and Stowage of Cargoes [31].

Приймаємо вантаж залізної руди навалом: рудний концентрат темно сірого кольору без специфічних вимог до перевезення. Кут природного укосу даного вантажу - 25°. Для запобігання зміщенню рекомендовано розрівнювати

верхній пік, що утворюється в трюмах при завантаженні, якщо можливо. Питомий навантажувальний об'єм становить 0,37 м³/т. Значення фактичної вологості на момент завантаження на судно становить 4%, при безпечно допустимій 7%.

Даний тип вантажу схильний до розрідження, особливо при високому ступеню зволоження вантажу, що згодом приводить до зміщення. Для запобігання цьому виконують рекомендації Code of Practice for the Safe Loading and Unloading of Bulk [30], а саме: максимально розповсюджувати вантаж по всій площі трюму впритул до обмежуючих переборок.

Інший серйозний небезпечний фактор – це підвищення напруги (близької до критичних значень умови міцності) в корпусі судна внаслідок почергового завантаження трюмів. Необхідно приймати всі міри для того, щоб зберігати мінімально можливу напругу в корпусі, особливо коли приймається до завантаження вологий вантаж, та мати на увазі, що в разі штурмування судно буде приймати на головну палубу додаткові маси води.

Цей вантаж не є вибухонебезпечним, не здатен до самонагрівання або самозаймання. Протягом рейсу необхідно відкачувати через збірні колодці воду, яка осідає на дно трюму. Вентиляційні отвори слід зберігати відкритими для того, щоб досягти підсушування вантажу, вирівнювання температур зовнішнього та трюмного повітря. Руда, окислюючись поглинає кисень, тому заборонено здійснювати вхід до трюмного приміщення без належної необхідності та вентиляції, і в будь-якому випадку повністю виконувати процедури чек-листу «Entry to enclosed space».

Стан атмосфери приміщення контролюється за допомогою газоаналізатору та спеціальних отворів для вимірювання рівня газів в трюмі. Температуру в трюмі визначають за допомогою термометрів. Дані щодо транспортних характеристик вантажу зведені до табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Транспортні характеристики навалювальних вантажу

Назва вантажу	IMSBC Code			IMDG Code					Норми вантажних робіт, т/добу	
	Група	Питомий навантажувальний об'єм, м ³ /т	Кут природного укусу, °С	Номер ООН	Клас	Знак маркування	Категорія розміщення і обробки	Аварійні дії (Аварійна Карта)	Порт навантаження	Порт вивантаження
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Iron ore lumps	A	0,37	25	—	—	—	—	—	3500	7500

До групи А IMSBC коду належать вантажі, які містять деяку кількість дрібних частин та деяку частину вологи. Такі вантажі можуть розріджуватись, навіть якщо вони зціпляються та розрівняні. Розрідження може привести до зміщення вантажу. Це явище може бути описано наступним чином: об'єм просторів між частинками зменшується по мірі ущільнення вантажу внаслідок руху судна, це призводить до підвищення тиску води в трюмі, що в свою чергу призводить до зменшення опору зсуву вантажем. Тому протягом рейсу слід регулярно відкачувати воду, що збирається в збірних колодцях для зменшення тиску води та запобіганню розрідженню та зміщення вантажу.

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

Транспортні якості вантажів, характеристики вантажних приміщень та умови майбутнього рейсу визначають підготовку судна до завантаження.

Трюмні приміщення повинні бути щільно замиті та висушені, не повинні мати залишки попереднього вантажу, це стосується особливо збірних колодців, через які протягом рейсу буде відкачуватись зайва вода для запобігання розрідження вантажу.

Завантаження судна повинно здійснюватися згідно вимогам та нормам, що прописані в інформації про остійність даного судна [2], та відповідати загальній та місцевій міцності. Попередньо слід скласти вантажний план, узгодити його з представниками вантажовласника та стивідорної компанії. У разі відхилення від вантажного плану слід виконувати новий розрахунок, щоб упевнитись в безпечності завантаження судна.

Розміщення вантажу виконується таким чином, щоб мінімізувати можливість його зсуву, за наявної можливості високі піки слід розрівнювати, а також з раціональним використанням вантажомісткості трюмних приміщень та вантажопідйомності судна.

В процесі завантаження слід стежити, щоб в трюмних приміщення не було людей, а також щоб навантажувач не здійснив ніяких пошкоджень корпусу судна.

Коли судно заходить до порту капітан подає Notice of Readiness, цим документом він повністю підтверджує у всіх відношеннях готовність судна до завантаження. Час подачі фіксується в судовому журналі та вважається початком сталійного часу, протягом якого фрахтівник повинен виконати вантажні роботи та пов'язані з цим допоміжні операції, і судовласник не отримує за це жодного додаткового винагородження.

Судно “China Pride” працює в режимі трампового судноплавства, в якості договору морського перевезення постають коносаменти.

Цей документ встановленої форми видається перевізником відправнику вантажу після завантаження судна, підтверджуючи факт прийняття вантажу до перевезення та зобов'язання доставити вантаж в узгоджене місце призначення. Основні функції коносаменту: він є доказом договору морського перевезення, слугує розпискою перевізника в прийомі вантажу до перевезення та є товаророзпорядчим документом, який надає власнику цього документу розпоряджатись вантажем.

Для завантаження судна складається вантажний план – план розміщення вантажу на судні з метою раціонального використання вантажних приміщень. Слугує інструкцією при завантаженні і складається перевірки остійності судна, допустимої осадки та загальної і місцевої міцності корпусу.

Вантажний маніфест – транспортний документ, який містить перелік коносаментів по вантажах, прийнятих в даному порту. Складається після завершення завантаження. Цей документ надається митникам, агенту в порту розвантаження та стивідорній компанії.

Draft Survey Report – документ, який складається після закінчення завантаження та визначається які осадки має судно на момент завантаження і скільки вантажу було прийнято на борт судна.

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 [46]), що видається на судно.

Розрахункова водотоннажність судна при повному завантаженні (Δ_p) слугує вихідною початковою величиною для визначення його чистої

вантажопідйомності ($\Delta_{\text{ч}}$) на рейс та залежить від вантажних марок, що діють в порту навантаження, на трасі переходу та в порту вивантаження.

Величина $\Delta_{\text{р}}$ має забезпечувати постійну відповідність значення мінімальної висоти надводного борту судна, вантажній марці району плавання, з врахуванням витрати змінних запасів. Це означає, що на жодній ділянці переходу вантажна марка не має бути втопленою.

Для розрахунку $\Delta_{\text{р}}$ на рейс необхідно по Карті зон та сезонних районів визначити діючі вантажні марки у відповідності з часом виникнення рейсу. Якщо під час рейсу судно перетинає декілька зон або сезонних районів, то $\Delta_{\text{р}}$ дорівнюватиме лімітуючій водотоннажності, з врахуванням діючих вантажних марок відповідних зон чи сезонних районів в портах завантаження та вивантаження, та на переході морем.

Водотоннажність судна по літню вантажну марку ($\Delta_{\text{л}}$) обирається з Техно-експлуатаційних характеристик судна.

Судно “China Pride” здійснює перехід з порту Сан-Ніколас, в якому встановлена тропічна вантажна марка, в порт Тяньцзінь, де діє літня вантажна марка.

Знаючи $\Delta_{\text{л}}$, можливо розрахувати по формулам водотоннажність судна по тропічну ($\Delta_{\text{т}}$) або зимову ($\Delta_{\text{з}}$) вантажні марки (3.1):

$$\Delta_{\text{т}} = \Delta_{\text{л}} + \frac{1}{48} \cdot T_{\text{л}} \cdot m, \quad (3.1)$$
$$\Delta_{\text{т}} = 202712 - \frac{1}{48} \cdot 1832 \cdot 120,6 = 207314,9_{\text{т}}$$

де $T_{\text{л}}$ – осадка по літню вантажну марку, см;

m – число тонн, що змінюють осадку на 1 см.

Повну вантажопідйомність (дедвейт) судна (Δ_w) можна визначити, використовуючи отримане значення розрахункової водотоннажності судна на момент завантаження (3.2):

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

$$\Delta_w = 207\,314,9 - 24\,591,2 = 182\,723,7 \text{ т}$$

де Δ_0 – водотоннажність судна порожнем.

Чисту вантажопідйомність судна (Δ_q) знаходять шляхом віднімання від величини дедвейту судна маси рейсових запасів ($P_{\text{зап}}$), необхідної для забезпечення стоянки в портах навантаження/вивантаження та переходу судна морем, тобто тієї, що знаходиться на судні в момент відходу судна з порту навантаження (3.3):

$$\Delta_q = \Delta_w - \sum_{j=1}^T P_{\text{зап}j} - \text{const} \quad (3.3)$$

$$\Delta_q = 182\,723,7 - 2256,76 - 723,1 = 179\,743,84 \text{ т}$$

де const – константа, яка включає всі невраховані в розрахунках вагові навантаження.

Рейсові запаси знаходять як суму (3.4):

$$\sum_{j=1}^n P_{\text{зап}} = P_x^{\text{зап}} + P_{\text{ст}}^{\text{зап}}, \quad (3.4)$$

$$P_{\text{зап}} = 2221,34 + 11,27 + 24,15 = 2256,76 \text{ т},$$

де $P_x^{\text{зап}}$ – маса ходових запасів, т;

$P_{\text{ст}}^{\text{зап}}$ – маса стоянкових запасів, т

j – відповідна цистерна (танк).

Маса ходових запасів дорівнює (3.5):

$$P_x^{\text{зап}} = P_x^{\text{т}} + P_x^{\text{в}} + P_x^{\text{см}}, \quad (3.5)$$

де $P_x^{\text{т}}$, $P_x^{\text{в}}$, $P_x^{\text{см}}$ – відповідно кількість палива, води та мастила, необхідна на перехід від порту вивантаження з врахуванням штормового запасу, т.

Більш детально:

$$P_x = q_x^{\text{м}} \cdot (t_x + t_{\text{шт}}), \quad (3.6)$$

$$P_x^{\text{м}} = 47,2 \cdot (35,35 + 5) = 1904,62 \text{ т}$$

$$P_x^{\text{в}} = q_x^{\text{в}} \cdot (t_x + t_{\text{шт}}), \quad (3.7)$$

$$P_x^{\text{в}} = 5,5 \cdot (35,35 + 5) = 221,93 \text{ т}$$

$$P_x^{\text{см}} = 0,05 \cdot P_x^{\text{т}}, \quad (3.8)$$

$$P_x^{\text{см}} = 0,05 \cdot 1904,62 = 95,21 \text{ т}$$

де $q_x^{\text{м}}$, $q_x^{\text{в}}$ – добова норма витрат палива та води на ходу, т/діб;

t_x – ходовий час, діб;

$t_{\text{шт}}$ – штормовий час, діб.

Штормовий час ($t_{\text{шт}}$) визначається за допомогою Системи управління безпекою (СУБ) компанії та зазвичай становить 5 діб при океанських переходах та 2 доби – в прибережному плаванні.

Ходовий час (t_x) визначають по формулі (3.9):

$$t_x = \frac{L}{24 \cdot V} + t_{\text{зп}}, \quad (3.9)$$

$$t_x = 35,35 \text{ діб}$$

де L – відстань переходу, милі;

V – швидкість судна з вантажем, вуз.;

$t_{зп}$ – час затримок судна на шляху (час проходження каналів), діб.

Стоянкові запаси визначаються з розрахунку тривалості стоянки в портах навантаження та вивантаження і норм витрати палива та води на стоянці (3.10):

$$P_{ст}^{зап} = q_{ст}^m \cdot t_{ст} \cdot q_{ст}^B \cdot T_{ст} \quad (3.10)$$

$$P_{ст}^{зап}_{Сан Ніколас} = 6 \cdot 2,1 + 5,5 \cdot 2,1 = 24,15 \text{ т}$$

$$P_{ст}^{зап}_{Тяньцзінь} = 6 \cdot 0,98 + 5,5 \cdot 0,98 = 11,27 \text{ т}$$

де $q_{ст}^m$, $q_{ст}^B$ – добова норма витрати палива та води на стоянці, т/діб;

$t_{ст}$ – нормативна тривалість стоянкового часу, діб.

Стоянковий час як порту навантаження, так і по порту вивантаження розраховується, виходячи з кількості прийнятого на судно вантажу та у відповідності з вантажними характеристиками відповідного порту (3.11):

$$t_{ст} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i}{M}, \quad (3.11)$$

$$t_{ст \text{ Сан Ніколас}} = \frac{176905,98}{3500 \cdot 24} = 2,1 \text{ діб}$$

$$t_{ст \text{ Тяньцзінь}} = \frac{176905,98}{7500 \cdot 24} = 0,98 \text{ діб}$$

де Q_i – маса вантажу одного найменування, т;

n – кількість найменувань вантажу;

M – валова норма вантажних робіт в порту навантаження та вивантаження і-тої партії вантажу, т/діб.

Значення чистої вантажопідйомності судна ($\Delta_{\text{ч}}$) визначає максимальну масу вантажів, яку судно може прийняти до перевезення на даний рейс, тобто:

$$\Delta_{\text{ч}} = \sum_{i=1}^n Q_i = 179\,743,84 \text{ т} \quad (3.12)$$

Фактична кількість вантажу, яку можна прийняти до перевезення на даний рейс та на дане судно залежить від:

- чистої вантажопідйомності судна ($\Delta_{\text{ч}}$);
- вантажомісткості судна ($W_{\text{с}}$);
- питомого навантажувального об'єму вантажу (u).

З точки зору експлуатації судна, найбільш вигідним є завантаження, при якому використовується повністю вантажопідйомність та вантажомісткість судна. В нашому випадку ми можемо завантажити лише 179 743,84 т. Даний вантаж залізної руди має питомий навантажувальний об'єм 0,37 м³, тому це дозволяє завантажити судно, використовуючи повністю лише вантажопідйомність.

3.4. Складання вантажного плану

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

При складанні вантажного плану для навалювальних вантажів на практиці використовується принцип розподілу вагового навантаження по довжині судна пропорційно об'єму вантажних приміщень за допомогою коефіцієнту співвідношення вантажомісткості кожного вантажного приміщення ($k_{\text{с}i}$), що визначається за формулою (3.13):

$$k_{\text{с}i} = \frac{W_i}{W_{\text{с}}} \quad (3.13)$$

де W_i – вантажомісткість i -го вантажного приміщення, м³;

W_c – вантажомісткість судна, m^3 ;

i – номер вантажного приміщення ($i = 1, 2, \dots i$).

Значення розподіленої маси для i -го вантажного приміщення (Q_i) визначається як добуток коефіцієнту співвідношення вантажомісткості i -го вантажного приміщення (k_{ci}) на розраховану загальну масу вантажів, що приймається на даний рейс ($Q_{\text{заг}}$) згідно з 3.14:

$$Q_i = k_{ci} \cdot Q_{\text{заг}} \quad (3.14)$$

Розрахунок розподіленої маси вантажних приміщень представлено у вигляді табличної форми – табл. 3.2:

Таблиця 3.2 – Розподіл вагового навантаження по вантажних приміщеннях судна

Найменування вантажного приміщення	Вантажомісткість вантажного приміщення, W_i, m^3	Коефіцієнт співвідношення, k_{ci}	Максимально допустиме вагове навантаження вантажного приміщення $Q_{i, \text{т}}$
1	2	3	4
Трюм №1	18 713,0	0,096	16 999,64
Трюм №2	21 831,3	0,112	19 832,43
Трюм №3	22 574,0	0,116	20 507,13
Трюм №4	21 866,7	0,113	19 864,59
Трюм №5	22 467,1	0,116	20 410,02
Трюм №6	22 466,5	0,116	20 409,47
Трюм №7	22 573,4	0,116	20 506,58
Трюм №8	21 780,6	0,112	19 786,37
Трюм №9	19 906,5	0,102	18 083,86
Разом	194 179,0	1	176 400,0

По результатам розподілення вантажів складається зведена таблиця з підсумковими результатами по кожному вантажному приміщенню та всьому судну в цілому.

Таблиця 3.3 – Розміщення вантажу на судні

Назва вантажного приміщення	Маса, т	Об'єм, м ³
Трюм № 1	16 999,64	6289,87
Трюм № 2	19 832,43	7338,0
Трюм № 3	20 507,13	7587,64
Трюм № 4	19 864,59	7349,90
Трюм № 5	20 410,02	7551,71
Трюм № 6	20 409,47	7551,50
Трюм № 7	20 506,58	7587,44
Трюм № 8	19 786,37	7320,96
Трюм № 9	18 083,86	6691,03
Разом	176 400,0	65 268,03

3.5. Характеристика експлуатаційних умов рейсу

Порт завантаження Сан-Ніколас розташований на узбережжі Республіки Перу. В двадцяти кілометрах від порту заходяться одні з найбільших залізо видобувних шахт Перу, тому порт орієнтований загалом на експорт заліза переважно до Китайської Народної Республіки та Японії.

Станом на 2002 рік порт прийняв 35 суден загальним дедвейтом 2 003 258 тон. В 2018 році загальний вантажообіг складав 10 000 000 тон.

Термінал обладнаний конвеєрним навантажувачем, середня потужність якого становить 3500 т/год. Пересування навантажувача відбувається по рейкам, що дозволяє уникнути перетяжок судна вздовж причалу.

Глибини біля причалу становлять 22 м, щільність води – 1,026 т/м³. В порту діє тропічна вантажна марка.

Бункерування та поповнення танків питної води не забезпечується. Можливі поставки продуктів та малих запчастин.

Порт працює цілодобово без вихідних з можливими перервами між завантаженням різних суден для ремонту та технічного обслуговування обладнання. Про це судно має сповіщати агент. Дата початку рейсу: 27.02.2022.

Порт розвантаження Тяньцзінь розташований на північному сході Китайської Народної Республіки в Бохайській затоці. Є одним із найбільших портів півночі країни та використовується для експорту, імпорту та перевалки майже всіх видів вантажів, має контейнерні, ролкерні, пасажирські, газо- та нафтоналивні термінали, термінали для опрацювання всіх видів генеральних та навальних вантажів.

В 2004 році загальний вантажообіг порту становив 206 млн. т, в 2020 – 540 млн. т. Розвинуто торгові зв'язки з 400 портами в 180 країнах та регіонах світу. Порт має зону вільної торгівлі площею 5 км².

Глибина біля причалів для суден з дедвейтом до 200 000 тон становить 19 м, щільність води – 1,025 т/м³.

Порт забезпечує судна бункеруванням, питною водою за допомогою самохідних барж, здійснює прийняття сміття та має шпиталь. Термінал надає судну 3 пересувні крани для розвантаження, потужність яких сумарно становить 7500 т/год. Порт працює цілодобово без вихідних Бригади стивідорів працюють у три зміни.

РОЗДІЛ 4

ОЦІНКА МОРЕХІДНИХ ЯКОСТЕЙ СУДНА

4.1. Розрахунок водотоннажності й координат центра ваги судна

Розподіл прийнятих рейсових запасів на судні на відхід та прихід представлено в табл. 4.1 та 4.2.

Таблиця 4.1 – Розподіл запасів на відхід

Найменування цистерни	Місткість	Маса, т	Плечі, м			Моменти, тм		
			x	y	z	M _x	M _y	M _z
Моторне паливо 0,90 т/м³								
NO.1P HFO TK	913,14	783,0	74,91	17,48	22,60	58 654	13 687	17 696
NO.1S HFO TK	913,14	792,0	74,91	- 17,48	22,60	59 328	- 13 844	17 899
NO.2P HFO TK	913,41	158	49,68	16,78	22,83	7849	2651	3607
NO.2S HFO TK	913,41	0	49,68	- 16,78	22,83	-	-	-
NO.3 HFO TK	480,24	0	29,06	- 15,22	21,97	-	-	-
H.F.O.SERV.TK	53,28	53,28	29,20	- 13,34	21,39	1555	-711	1139
№.1 H.F.O.SETT.TK	41,85	41,85	31,97	- 9,05	21,41	1337	-378	896
№.2 H.F.O.SETT.TK	42,20	42,20	31,97	- 10,96	21,41	1349	-463	904
F.O.OVER.F.TK	34,29	34,29	32,80	- 13,36	15,30	1123	-458	525
ВСЬОГО МОТОРНОГО ПАЛИВА		1904	70,98	0,25	22,38	131 200	484	42 666
Дизельне паливо 0,86 т/м³								
M.D.O.TK.P	260,58	-	32,55	15,71	21,89	-	-	-
M.D.O.SERV.TK	32,85	9,24	28,0	13,81	21,98	259	128	203
M.D.O.SETT.TK	32,85	9,24	29,60	13,81	21,98	274	128	203

ВСЬОГО ДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВА		18,48	28,80	13,8	21,98	532	255	406
Мастило 0,92 т/м³								
M/E L.O.SUMP.TK	35,42	7,21	24,18	0	1,55	173	-	11
M/E L.O.STOR.TK	53,91	15,0	16,52	- 13,35	21,49	248	- 200	322
M/E L.O.SETT.TK	41,85		19,63	- 13,77	21,48	498	- 344	537
G/E L.O.STOR.TK	13,16		14,41	- 10,96	21,62	173	- 132	259
G/E L.O.SETT.TK	13,06		14,41	- 9,05	21,62	115	- 72	173
№1 CYL.STOR.TK	79,12		25,07	15,02	21,37	526	315	449
№2 CYL.STOR.TK	7,45	7,0	26,40	10,48	21,30	185	73	149
ВСЬОГО МАСТИЛА		95,21	19,41	- 3,78	19,98	1912	- 360	1901
Прісна вода 1,0 т/м³								
F.W.TK.P	284,2	100,0	8,19	9,88	22,09	819	988	2209
F.W.TK.S	203,9	100,0	7,31	- 9,72	22,10	731	- 972	2210
DISTILL.W.TK	80,2	37,66	10,41	- 10,28	22,05	400	- 395	848
ВСЬОГО ПРІСНОЇ ВОДИ		238,4 5	8,18	- 1,59	22,09	1950	- 379	5267
ВСЬОГО ЗАПАСІВ		2256, 7	61,82	0	22,25	135 595	-	50 240
АРИФМЕТИЧНА СУМА МОМЕНТІВ M _x						135 595		

Таблиця 4.2 – Розподіл запасів на прихід

Найменування цистерн	Місткіс ть т	Маса, т	Плечі, м			Моменти, м		
			x	y	z	M _x	M _y	M _z
Моторне паливо 0,90 т/м ³								
NO.1P HFO TK	913,14	64,48	74,91	17,48	22,60	4830	1127	1457
H.F.O.SERV.TK	53,28	53,28	29,20	- 13,34	21,39	1556	- 711	1140
№.1 H.F.O.SETT.TK	41,85	41,85	31,97	- 9,05	21,41	1338	- 379	896
№.2 H.F.O.SETT.TK	42,20	42,20	31,97	-	21,41	1349	- 463	904

				10,96				
F.O.OVER.F.TK	34,29	34,29	32,80	- 13,36	15,30	1125	- 459	525
ВСЬОГО МОТОР. ПАЛИВА		236,10	20,67	- 8,51	30,67	10 198	- 2010	4921
Дизельне паливо 0,86 т/м ³								
M.D.O.TK.P	260,58	-	32,55	15,71	21,89	-	-	-
M.D.O.SERV.TK	32,85	2,94	28,0	13,81	21,98	823	41	65
M.D.O.SETT.TK	32,85	2,94	29,60	13,81	21,98	87	41 65	
ВСЬОГО ДИЗ. ПАЛИВА		5,88	28,80	13,81	21,98	169	81	129
Мастило 0,92 т/м ³								
M/E L.O.SUMP.TK	35,42	1,50	24,18	0	1,55	36	-	2
M/E L.O.STOR.TK	53,91	1,50	16,52	- 13,35	21,49	25	-20	32
M/E L.O.SETT.TK	41,85	1,8	19,63	- 13,77	21,48	35	- 25	39
G/E L.O.STOR.TK	13,16	1,50	14,41	- 10,96	21,62	22	- 16	32
G/E L.O.SETT.TK	13,06	1,50	14,41	- 9,05	21,62	22	- 14	32
№1 CYL.STOR.TK	79,12	2,0	25,07	15,02	21,37	50	30	43
№2 CYL.STOR.TK	7,45	2,0	26,40	10,48	21,30	53	21	43
ВСЬОГО МАСТИЛА		11,80	20,56	- 2,02	18,93	243	- 24	223
Прісна вода 1,0 т/м ³								
F.W.TK.P	284,2	217,66	8,19	9,88	22,09	1783	2150	4808
F.W.TK.S	203,9	10,0	7,31	- 9,72	22,10	73	- 97	221
DISTILL.W.TK	80,2	10,0	10,41	- 10,28	22,05	104	- 103	221
ВСЬОГО ПРІСНОЇ ВОДИ		237,66	8,17	8,21	22,09	1960	1950	5249
ВСЬОГО ЗАПАСІВ		491,44	19,52	0	21,33	12 570	- 2	10 523
АРИФМЕТИЧНА СУМА МОМЕНТІВ M _x						12 570		

Розподіл вантажів по вантажних приміщеннях представляється у табл. 4.3.

Таблиця 4.3 – Розподіл вантажів по приміщеннях

Найменування приміщення і вантажу	Об'єм прим., м ³	Об'єм вантаж, м ³	Маса вантажу, т	Плечі, м		Моменти, тм	
				x	z	M _x	M _z
Трюм №1	18 713,0	6289,87	16 999,64	256,6 5	14,16	4 362 958	240 715
Трюм № 2	21 831,3	7338,00	19 832,43	232,1 2	13,67	4 603 504	271 109
Трюм № 3	22 574,0	7587,64	20 507,13	206,2 4	13,69	4 229 390	280 743
Трюм № 4	21 866,7	7349,90	19 864,59	180,2 7	13,66	3 580 989	271 350
Трюм № 5	22 467,1	7551,71	20 410,02	154,4 2	13,69	3 151 715	279 413
Трюм № 6	22 466,5	7551,50	20 409,47	128,0 3	13,69	2 613 025	279 406
Трюм № 7	22 573,4	7587,44	20 506,58	101,5 9	13,69	2 083 264	280 735
Трюм № 8	21 780,6	7320,96	19 786,37	75,66	13,69	1 497 037	270 875
Трюм № 9	19 906,5	6691,03	18 083,86	49,95	14,48	903 289	261 854
ВСЬОГО ВАНТАЖУ		65 268,03	176 400,0	153,2	13,81	270 251 169	2 436 201
АРИФМЕТИЧНА СУММА МОМЕНТІВ M _x						270 251 169	

Вантажний план судна зображено на рис. 4.1.

Перевірка виконання рекомендацій ІМО щодо остійності обов'язкова при складанні вантажного плану судна перед його виходом у рейс. На кожному судні має бути "Інформація капітана про остійність" (*Stability Booklet, Trim and Stability Book*).

До завантаження приймається вантаж з питомим навантажувальним об'ємом нижче одиниці ($0,37 \text{ м}^3$), тому в табл. 4.4 виконано порівняння маси вантажу з допустимою масою завантаження у кожному трюмі для перевірки місцевої міцності днища.

Таблиця 4.4 – Перевірка місцевої міцності днища в трюмах

Найменування приміщення	Навантаження		
	Навантаження, т/м ²	допуст.	% від доп.
Трюм № 1	16 999,64	31 650,0	53,7
Трюм № 2	19 832,43	21 870,0	90,7
Трюм № 3	20 507,13	37 400,0	54,8
Трюм № 4	19 864,59	21 904,0	90,7
Трюм № 5	20 410,02	37 400,0	54,6
Трюм № 6	20 409,47	22 509,0	90,7
Трюм № 7	20 506,58	37 400,0	54,8
Трюм № 8	19 786,37	21 819,0	90,7
Трюм № 9	18 083,86	32 860,0	55,0

На основі виконаних розподілів вантажу, запасів і баласту складається таблиця зведених даних і розрахунку водотоннажності з координатами центра ваги судна на відхід – табл. 4.5 – і табл. 4.6 – на прихід. м³

Таблиця 4.5 – Зведені дані і розрахунок водотоннажності на відхід

Найменування статей навантаження	На відхід						
	Маса, т	Плечі, м			Моменти, тм		
		x	y	z	M _x	M _y	M _z
Судно порожнем	24 591,9	133,7 4	0	13,9	3 288 921	-	341 827
Константа	723,1	- 80,09	0	5,99	- 57 913	-	4331
Суднові запаси	2256,76	61,82	0	22,2 5	139 517	-	50 205
Вантаж	176 400,00	153,2 0	0	13,8 1	27 025 169	-	2 436 201
ВСЬОГО ВОДОТОННАЖНІСТЬ	203 971,76	149,0 2	0	13,8 9	30 395 695	-	2 832 564
АРИФМЕТИЧНА СУМА МОМЕНТІВ M_x константи					57 825 389		

Трюм №9	Трюм №8	Трюм №7	Трюм №6	Трюм №5	Трюм №4	Трюм №3	Трюм №2	Трюм №1
P = 18083.86 т W = 6691.03 м³	P = 19786.37 т W = 7210.96 м³	P = 20506.58 т W = 7587.44 м³	P = 20409.47 т W = 7551.50 м³	P = 20410.02 т W = 7551.71 м³	P = 19864.59 т W = 7349.90 м³	P = 20507.13 т W = 7587.64 м³	P = 19832.43 т W = 7338.0 м³	P = 16999.64 т W = 6289.87 м³

Рисунок 4.1 – Вантажний план судна “China Pride”

Таблиця 4.6 – Зведені дані і розрахунок водотоннажності на прихід

Найменування статей навантаження	На відхід						
	Маса, т	Плечі, м			Моменти, тм		
		x	y	z	M _x	M _y	M _z
Судно порожнем	24 591,9	133,7 4	0	13,9	3 288 921	-	341 827
Константа	723,1	- 80,09	0	5,99	- 57 913	-	4331
Суднові запаси	491,44	25,58	0	21,41	12 569	-	10 523
Вантаж	176 400,00	153,2 0	0	13,81	27 025 169	-	2 436 201
ВСЬОГО ВОДОТОННАЖНІСТЬ	202 206,44	149,6 9	0	13,81	30 268 747	-	2 792 883

4.2. Розрахунки посадки і початкової остійності

Розрахунок посадки судна на відхід і прихід виконується по вантажній шкалі й гідростатичних кривих [2] у табл. 4.7. Виконаний розрахунок засвідчує, що осадка судна не перевищує допустиму вантажною маркою.

Таблиця 4.7 – Розрахунки посадки судна на відхід і на прихід

Найменування величин	Позначення і формули	Значення величин	
		відхід	прихід
1	2	3	4
Водотоннажність масова, т	D	203 972	202 206
Абсциса центра ваги судна, м	x _g	149,0	149,69

Густина води, т/м ³	$\rho_{\text{н}}$	1,026	1,025
Водотоннажність об'ємна, м ³	$V = D / \rho_{\text{н}}$	198 802,9	197 274,6
Осадка судна, м	T	18,41	18,20
Момент диферентуючий на 1см, тм/см	$M_{\text{см}}$	2468,0	2462,0
Абсциса центра плавучості судна, м	$x_{\text{с}}$	149,36	149,49
Абсциса Ц.В. площі ватерлінії, м	$x_{\text{ф}}$	141,01	141,07
Апліката поперечного метацентру, м	$z_{\text{м}}$	18,67	18,66
Коефіцієнт загальної повноти	δ	0,837	0,836
Диферент судна, м	$d = D \cdot (x_{\text{г}} - x_{\text{с}}) / (100 \cdot M_{\text{см}})$	-0,30	0,17
Осадка носом судна, м	$T_{\text{н}} = T + (L/2 - x_{\text{ф}}) \cdot d/L$	18,40	18,20
Осадка судна кормою, м	$T_{\text{к}} = T_{\text{н}} - d$	18,70	18,05

Диферент судна не викликає заливаємось та слемінг (осадка носом становить більше ніж 2,5% довжини судна), зажуреність гвинта більш ніж достатня. Кут крену не перевищує 0,5°.

Для виконання розрахунків і контролю остійності судна визначаємо виправлення на вплив вільної поверхні запасів до метацентричної висоти й плечей статичної остійності Δm_{h} за формулою (4.1):

$$\Delta m_{\text{h}} = \rho_{\text{ж}} \cdot I_{\text{x}}, \quad (4.1)$$

де $\rho_{\text{ж}}$ – густина рідини в цистерні, т/м³;
 i_x – момент інерції вільної поверхні, м⁴.

Таблиця 4.8 – Виправлення на вплив вільної поверхні рідких вантажів

Найменування цистерн	Δm_h , тм
Бункер (моторне паливо)	3426
Міждонні відсіки (дизельне паливо)	64
Цистерни прісної води	299
Сума $\sum \Delta m_h$	3855,09

Розрахунок параметрів початкової остійності виконуємо в табл. формі 4.9.

Таблиця 4.9 – Розрахунок параметрів початкової остійності

Найменування величин	Позначення і формули	Значення величин	
		відхід	прихід
Водотоннажність масова, т	D	203 971	202 206
Невиправлена апліката центра ваги судна, м	z_{g0}	13,89	13,81
Апліката поперечного метацентра, м	z_m	18,67	18,66
Невиправлена метацентрична висота, м	$h_0 = z_m - z_{g0}$	4,78	4,85
Виправлення на вільні поверхні, м	$\Delta h = \sum \Delta m_h / D$	0,019	0,002
Виправлена апліката центра ваги судна, м	$z_g = z_{g0} + \Delta h$	13,91	13,81
Виправлена метацентрична висота, м	$h = h_0 - \Delta h$	4,76	4,85
Кут крену, °	$\Theta = 57,3 \cdot \sum M_y / (D \cdot h)$	0,08	0

4.3. Контроль остійності за матеріалами Інформації

Перевірку остійності з Інформації про остійність судна [2] виконуємо по мінімальній допустимій метацентричній висоті та по критичній аплікаті центра ваги судна. Дані занесено до табл. 4.10 та 4.11.

Таблиця 4.10 – Перевірка остійності по допустимій метацентричній висоті

Найменування величин	Позначення і формули	Значення величин	
		відхід	прихід
Водотоннажність масова, т	D	203 972	202 206
Виправлена метацентрична висота, м	h	4,76	4,85
Мінімально допустима метацентрична висота, м	$h_{\min}$	2,43	2,38

Таблиця 4.11 – Перевірка остійності по критичній аплікаті центра ваги судна

Найменування величин	Позначення і формули	Значення величин	
		відхід	прихід
Водотоннажність масова, т	D	203 972	202 206
Виправлена апліката центра ваги судна, м	z_g	13,91	13,81
Максимальна гранична апліката центра ваги судна, м	$z_g^{\max}$	15,1	14,7

Так як $h > h_{\min}$ та $z_g < z_g^{\max}$, то всі вимоги до остійності виконані.

4.4. Розрахунок і побудова діаграм остійності

Розрахунок плечей діаграми статичної остійності виконується в табличній формі 4.12 – на відхід, та 4.13 – на прихід. Розрахунок площ до 30°, до 40° та від 30° до 40° представлений з використанням коефіцієнтів Сімпсона:

$$a_{0-30} = 3/8 \cdot \Delta\theta \cdot \sum_{30}, \quad (4.2)$$

$$a_{0-40} = 1/3 \cdot \Delta\theta \cdot \sum_{40}, \quad (4.3)$$

$$a_{30-40} = a_{0-40} - a_{0-30}, \quad (4.4)$$

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

Таблиця 4.12 – Розрахунок плечей статичної остійності на відхід

Водотоннажність D, т							203 972	
Апліката центра ваги судна z_{g0} , м							13,89	
Апліката умовного центра мас z_m , м (полюс – точка «О»)							18,67	
Виправлена апліката центра ваги судна, $z_g = z_{g0} + \Delta h$, м							13,91	
$\Delta\theta = 0,1745 = 10^\circ/57,3$								
Кут нахил у θ°	Плече форми l_ϕ , м	$\sin \theta$	$z_g^u \times \sin \theta$	Плече статичної остійності i $l = l_\phi - z_g^u$ $/ \sin \theta$, м	Множни к	Добуто к	Множни к	Добуто к
0	0	0	0,000	0,000	1	0,000	1	0,000

5	1,630	0,087	1,210	0,420	-	-	-	-
10	3,264	0,174	2,420	0,844	4	3,377	3	2,533
20	6,481	0,342	4,756	1,725	2	3,450	3	5,175
30	9,016	0,500	6,953	2,063	4	8,252	1	2,063
40	10,999	0,643	8,942	2,057	1	2,057	Σ30	9,771
50	12,495	0,766	10,652	1,843	Σ40	17,137	a ₀₋₃₀ = 0,639 a ₃₀₋₄₀ = 0,357	
60	13,405	0,866	12,043	1,362	a ₀₋₄₀ = 0,997			
70	13,775	0,940	13,072	0,703				

Таблиця 4.13 – Розрахунок плечей статичної остійності на прихід

Водотоннажність D, т							202 206	
Апліката центра ваги судна z_{g0} , м							13,81	
Апліката умовного центра мас z_m , м (полюс – точка «О»)							18,66	
Виправлена апліката центра ваги судна, $z_g = z_{g0} + \Delta h$, м							13,81	
$\Delta\theta = 0,1745 = 10^\circ/57,3$								
Кут нахил у θ°	Плече форми l_ϕ , м	$\sin \theta$	$z_g^H \times \sin \theta$	Плече статичної остійності i $l = l_\phi - z_g^H$ $/ \sin \theta$, м	Множни к	Добуто к	Множни к	Добуто к
0	0	0	0,000	0	1	0,000	1	0,000
5	1,629	0,087	1,202	0,427	-	-	-	-

10	3,264	0,174	2,404	0,860	4	3,441	3	2,581
20	6,494	0,342	4,724	1,770	2	3,539	3	5,309
30	9,053	0,500	6,907	2,146	4	8,584	1	2,146
40	11,050	0,643	8,882	2,168	1	2,168	Σ30	10,036
50	12,546	0,766	10,582	1,964	Σ40	17,732	a0-30 = 0,657 a30-40 = 0,375	
60	13,447	0,866	11,963	1,484	a 0-40 = 1,031			
70	13,804	0,940	12,985	0,819				

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

4.5. Розрахунки нормованих параметрів остійності

Рекомендовані критерії остійності неушкоджених суден Міжнародною Морською Організацією (ІМО) містяться в Adoption of the International Code on Intact Stability, 2008 (2008 IS Code) , Resolution MSC.267 (85) [47].

Остійність судна вважається достатньою, якщо задовольняються (з урахуванням можливого зледеніння) загальні для всіх суден вимоги до критерія погоди, кута нахилу від дії постійного вітру й діаграми статичної остійності (ДСО), а також додаткові вимоги для суден окремих типів.

Зведення рекомендацій ІМО до остійності, а також необхідні для виконання розрахунків таблиці Кодексу приведені в наступному підрозділі.

Розрахунок нормованих параметрів остійності судна представлений в табл. 4.14.

Таблиця 4.14 – Розрахунок нормованих параметрів остійності

Найменування величин	Позначення і формули	Значення величин	
		відхід	прихід
Водотоннажність масова, т	D	203 972	202 206
Осадка судна, м	T	18,41	18,20
Виправлена метацентрична висота, м	h	4,76	4,85
Площа парусності, м ²	Av (з Інформації)	2767	2825
Плече кренувального моменту від тиску вітру, м	l _{w1} (з Інформації)	0,0102	0,0110
Плече кренувального моменту від пориву вітру, м	l _{w2} (з Інформації)	0,0162	0,0170
Відносна площа скулових кілів, %	100 · A _k / (L · B)	0,466	
Коефіцієнт	k (з табл. ISC)	0,99	
Відносна ширина	B / T	2,45	2,47
Безрозмірний множник	X ₁ (з табл. ISC)	0,991	0,987
Коефіцієнт загальної повноти	δ	0,836	0,837
Безрозмірний множник	X ₂ (з табл. ISC)	1	1
Інерційний коефіцієнт	$C = 0,373 + 0,023 \cdot \frac{B}{T} - 0,043 \cdot \frac{L}{100}$	0,308	0,304
Період хитавиці, с	$T_{\theta} = 2 \cdot c \cdot B / \sqrt{h}$	12,70	12,42

Коефіцієнт	s (з табл. ISC)	0,0381	0,0383
Коефіцієнт	$r = 0,73 + 0,6(z_g - T)/T$	0,584	0,585
Амплітуда хитавиці, °	$\Theta_r = 109 k X_1 X_2 \sqrt{r \cdot s}$	15,95	15,94
Кут заливання, °	Θ_f (з Інформації)	50	50
Кут входу палуби в воду, °	$\Theta_d = \arctg (2 (H - T) / B)$	15,88	16,35
Кут нахилу від постійного вітру, °	$\Theta_0 = 57,3 l_{w1} / h$ (або з ДСО)	1,01	1,02
Кут нахилу при хитавиці назустріч вітру, °	$\Theta_1 = \Theta_r - \Theta_0$	14,94	14,92
Границя площі «b» ДСО праворуч, °	Θ_b	50	50
Площа «a» ДСО, м-рад	a	0,142	0,137
Площа «b» ДСО, м-рад	b	1,27	1,31
Критерій погоди	$K = b / a$	8,94	9,56

Для визначення критерію погоди на діаграмах статичної остійності будуємо площі «a» і «b». Для визначення величини площ «a» і «b» доцільно використовуємо правило Сімпсона. Для цього площі «a» і «b» діляться на 4 ділянки однакової довжини по куту нахилу. Розрахунок площ виконується в табличній формі аналогічно розрахунку площі a_{0-40} . Замість множника 0,1745 приймаємо довжини ділянок $\Delta\Theta_1$ та $\Delta\Theta_2$ у радіанах. Дані розрахунків зведені до табл. 4.15 – на відхід, та 4.16 – на прихід.

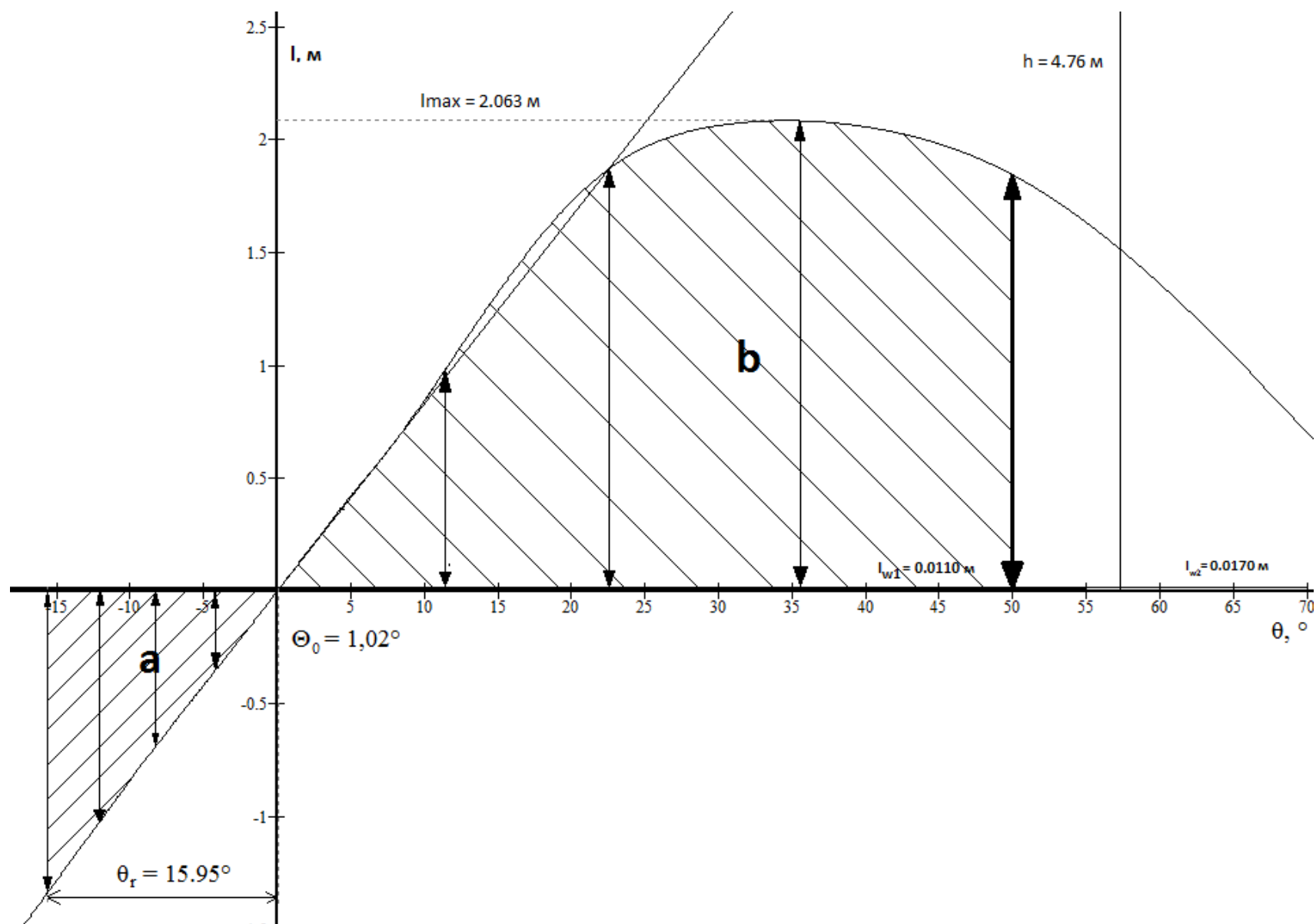


Рисунок 4.2 – Діаграма статичної остійності на відхід

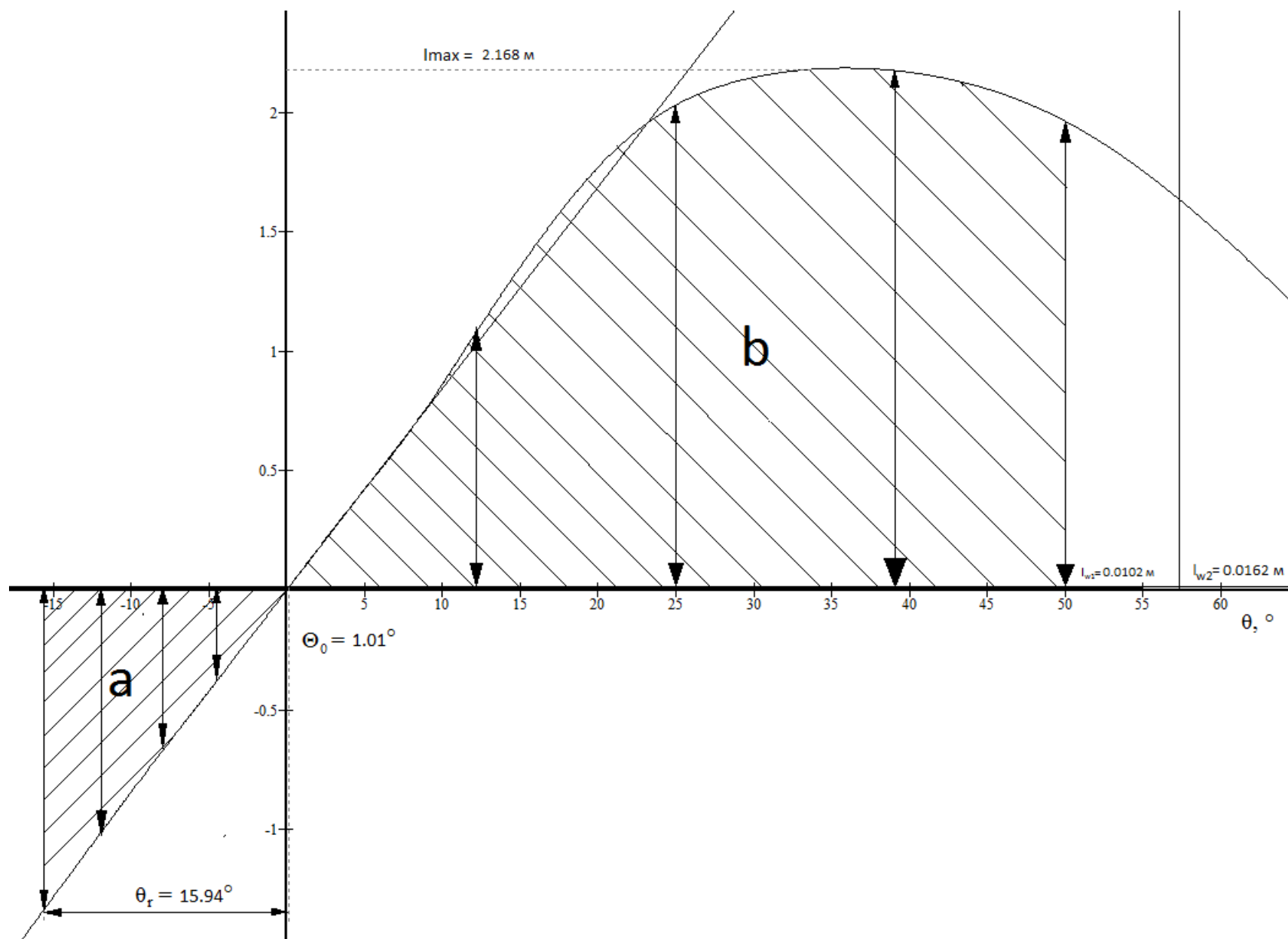


Рисунок 4.3 – Діаграма статичної остійності на прихід

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

$\Delta\Theta_1 = (\Theta_1 + 1,5 \times \Theta_0) / 4 = (14,94 + 1,5 \times 1,01) / 4 = 4,11^\circ$			$\Delta\Theta_1 = 0,0718 \text{ рад}$		
$\Delta\Theta_2 = (\Theta_b - 1,5 \times \Theta_0) / 4 = (50 - 1,5 \times 1,01) / 4 = 12,12^\circ$			$\Delta\Theta_2 = 0,2115 \text{ рад}$		
a_i	k_i	$a_i \times k_i$	b_i	k_i	$b_i \times k_i$
1,01	1	1,01	0	1	0
0,78	4	3,12	1,05	4	4,2
0,51	2	1,02	1,95	2	3,9
0,2	4	0,8	2,02	4	8,08
0	1	0	1,83	1	1,83
$\sum a =$		5,95	$\sum b =$		18,01
$a = \frac{1}{3} \sum a \times \Delta\Theta_1 \text{ рад} =$		0,142	$b = \frac{1}{3} \sum b \times \Delta\Theta_2 \text{ рад} =$		1,27

Таблиця 4.16 – Визначення площ «а» і «b» на прихід за правилом Сімпсона

$\Delta\Theta_1 = (\Theta_1 + 1,5 \times \Theta_0) / 4 = (14,94 + 1,5 \times 1,01) / 4 = 4,11^\circ$			$\Delta\Theta_1 = 0,0718 \text{ рад}$		
$\Delta\Theta_2 = (\Theta_b - 1,5 \times \Theta_0) / 4 = (50 - 1,5 \times 1,01) / 4 = 12,12^\circ$			$\Delta\Theta_2 = 0,2115 \text{ рад}$		
a_i	k_i	$a_i \times k_i$	b_i	k_i	$b_i \times k_i$
1,0	1	1,0	0	1	0
0,74	4	2,96	1,03	4	4,12
0,49	2	0,98	2,0	2	4,0
0,2	4	0,8	2,16	4	8,64
0	1	0	1,85	1	1,85
$\sum a =$		5,74	$\sum b =$		18,61
$a = \frac{1}{3} \sum a \times \Delta\Theta_1 \text{ рад} =$		0,137	$b = \frac{1}{3} \sum b \times \Delta\Theta_2 \text{ рад} =$		1,31

4.6. Перевірка виконання додаткових вимог до остійності суден різного призначення

Остійність судна, яке перевозить навалювальні вантажі з кутом природного укосу, який не перевищує 30° , повинна бути також перевірена по спеціальних вимогах. Розрахунки представлені в табл. 4.17.

Таблиця 4.17 – Спеціальні вимоги при перевезенні навалювальних вантажів.

Найменування	Позначення та формула	Значення величин	
		відхід	прихід
Водотоннажність масова, т	D	203 972	202 206
Момент, що кренить, від зсуву вантажу, тм	M_{gy} (з Інформації)	60 662	
Нахил. плече від зсуву вантажу при нахилі 0° , м	$l_{g0} = M_{gy} / D$	0,297	0,299
Нахил. плече від зсуву вантажу при нахилі 40° , м	$l_{g40} = 0,8 \times l_{g0}$	0,238	0,240
Кут нахилу від зсуву вантажу, $^\circ$	Θ_{gy} (з ДСО)	3,1	3,3
Кут найбільшої різниці між l і нахил. плечем, $^\circ$	Θ_{max} (з ДСО)	29	38,5
Границя залишкової площі ДСО праворуч, $^\circ$	Θ_{res} (з ДСО)	40	40
Залишкова площа ДСО, м рад	A_{res} (з ДСО)	0,83	0,87

Доповнення до таблиці 4.17

Спеціальні вимоги при навалювальних вантажів:					
Кут крену від зсуву вантажу, $^\circ$	Θ_{gy}	≤ 12	3,1	3,3	YES
Залишкова площа ДСО, м рад	A_{res}	$\geq 0,12$	0,83	0,87	YES
Виправлена метацентрична висота, м	h	$\geq 0,70$	4,76	4,85	YES

4.7 Перевірка виконання рекомендованих ІМО критеріїв остійності

Перевірка виконання рекомендацій ІМО з остійності морських транспортних суден виконано в табл. 4.18.

Таблиця 4.18 – Перевірка виконання загальних вимог Кодексу ІМО

Найменування величин	Позна- чення	Значення величин			Викон. YES/N O
		норма тивні	відхі д	прихі д	
1	2	3	4	5	6
<i>Загальні критерії</i>					
Площа під ДСО до кута нахилу 30°, м рад	A_{30}	$\geq$ 0,055	0,63 9	0,657	YES
Площа під ДСО до кута нахилу 40°, м рад	A_{40}	$\geq 0,09$	0,99 7	1,031	YES
Площа під ДСО між кутами нахилу 30° і 40°, м рад	A_{30-40}	$\geq 0,03$	0,35 7	0,375	YES
Плече ДСО при куті нахилу 30° або більше, м	l_{30}	$\geq 0,20$	2,06 3	2,168	YES
Кут нахилу, що відповідає максимуму ДСО, °	Θ_m	≥ 25	29	38,5	YES
Виправлена метацентрична висота, м	h	$> 0,15$	4,76	4,85	YES
Критерій погоди	K	≥ 1	8,94	9,56	YES
Кут крену від постійного вітру, °	Θ_0	$\leq 11,4$	1,01	1,02	YES

4.8. Контроль загальної повздовжньої міцності судна

Перевірка загальної міцності балкера повинна виконуватись відповідно до суднової Інструкції по завантаженню у формі розрахункових таблиць, що рекомендуються нею, звичайно по силах, що перерізують, і згинальним моментам у декількох розрахункових перерізах судна. У цій роботі достатньо виконання такого розрахунку на відхід. Закінчується розрахунок побудовою епюр сил, що перерізують, і згинальних моментів, на яких також наносяться їхні припустимі значення для прогину й перегину в порту й у морі.

Для виконання розрахунків використовуємо програму SLP (Ship Loading Program) затверджену класифікаційним товариством American Bureau of Shipping 20 липня 2009 року. Результати розрахунків наведені на рис. 4.4.

STRENGTH SUMMARY

 Max Relative Shear Force: 57.82 %
 Location of Max Rel. Shear Force: # 45
 Max Relative Bending moment: 50.50 %
 Location of Max Rel. Bending moment: #295

LONGITUDINAL STRENGTH

FR #	BEND tm	BMMN tm	BMMX tm	BMREL %	SHEAR t	SHMN t	SHMX t	SHREL %
45	-40751	-173120	186510	23.5	-4365	-7550	7710	57.8
60	-87444	-237710	256090	36.8	-2766	-9546	9763	29.0
74	-112655	-298980	322090	37.7	-1428	-11440	11710	12.5
88	-127562	-360250	388100	35.4	-904	-9865	10140	9.2
102	-134290	-401000	432000	33.5	-438	-8290	8570	5.3
116	-138834	-401000	432000	34.6	-301	-9825	9975	3.1
131	-139455	-401000	432000	34.8	-46	-11470	11480	0.4
145	-140230	-401000	432000	35.0	-46	-10770	10775	0.4
160	-137427	-401000	432000	34.3	209	-10020	10020	2.1
174	-134599	-401000	432000	33.6	237	-9233	9233	2.6
189	-127892	-401000	432000	31.9	498	-8390	8390	5.9
203	-122216	-401000	432000	30.5	453	-9245	9130	5.0
217	-113552	-401000	432000	28.3	666	-10100	9870	6.8
232	-105336	-346220	372990	30.4	647	-8491	8225	7.9
246	-94106	-284950	306980	33.0	861	-6990	6690	12.9
260	-83866	-223690	240980	37.5	864	-9300	9010	9.6
274	-68937	-162420	174970	42.4	1279	-11610	11330	11.3
288	-49730	-101150	108970	49.2	1878	-10805	10620	17.7
302	-18494	-39880	42970	46.4	2897	-10000	9910	29.2

Рисунок 4.4 – Розрахунок і перевірка загальної міцності на відхід

де: Bend – bending moment, SHEAR – shear force;

BMMN – min. permissible bending moment, SHMN –min. permiss. shear;

BMMX – max. permissible bending moment, SHMX – max. permiss. shear;

BMREL – % of permissible bending moment, SHREL - % of permiss. Shear.

Епюри сил, що перерізують, згинальних моментів та їх припустимих значень для прогину і перегину зображені на рис. 4.5.

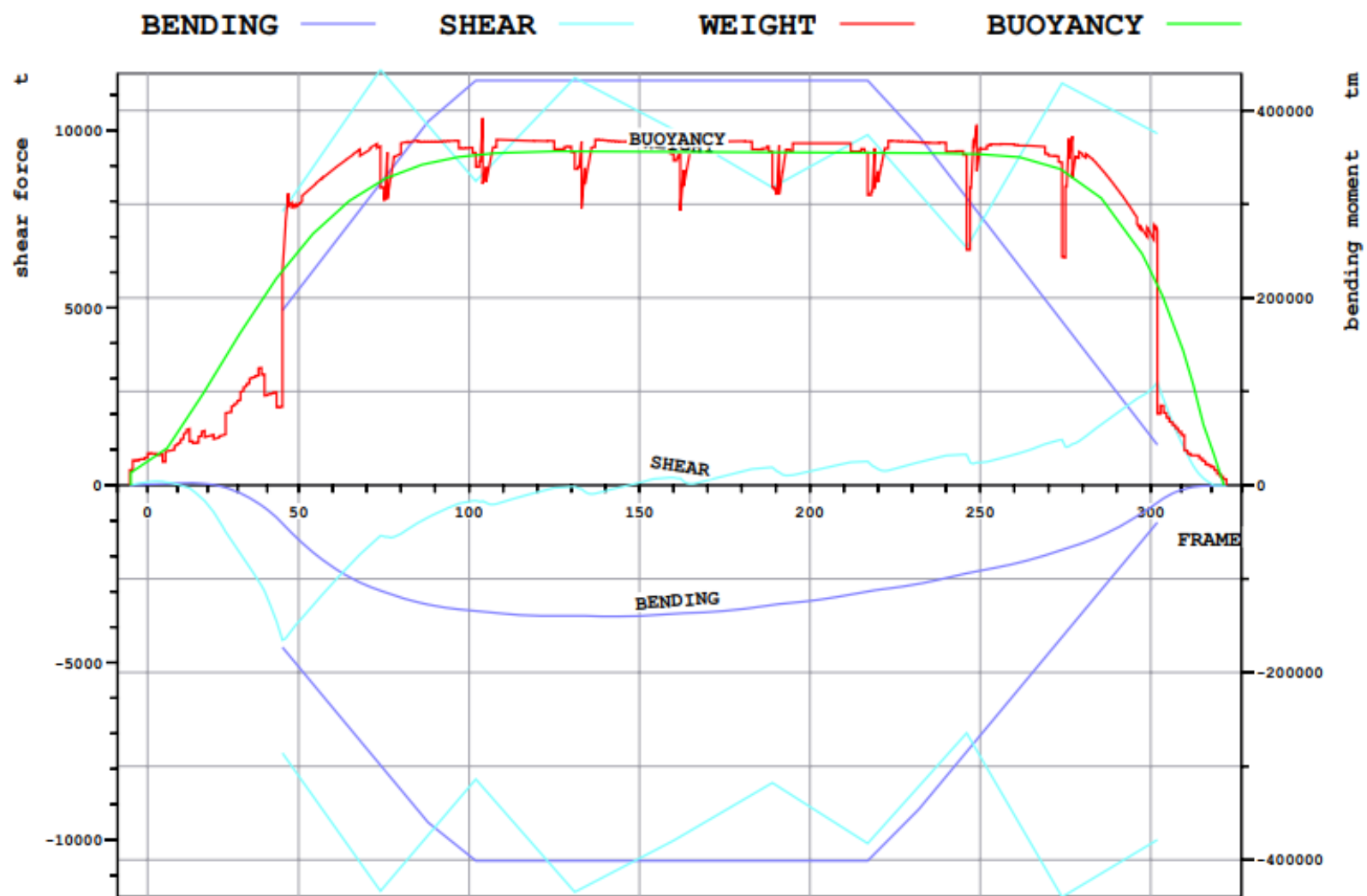


Рисунок 4.5 – Перевірка загальної міцності корпусу судна на відхід

ВИСНОВОК

В результаті завантаження в порту Сан-Ніколас було прийнято на борт 176 400 т залізної руди навалом об'ємом 65 268,03 м³, дедекейт становив 179 885 т, включаючи 2257 т запасів, яких вистачить на перехід до порту Тяньцзінь, час якого складає 35,35 діб. Отримали водотоннажність 203 972 т на відхід, що не перевищує допустиму для тропічної вантажної марки в порту Сан-Ніколас, та 202 206 т на прихід, що не перевищує максимально допустиму при літній вантажній марці в порту Сан-Ніколас. Судно на момент відходу має середню осадку 18,4 м з диферентом 30 см на корму, та на момент приходу середню осадку 18,2 м з диферентом 15 см на ніс.

За результатами завантаження було виконано перевірку відповідності судна загальним вимогам Кодексу ІМО та спеціальним вимогам щодо остійності для суден, які перевозять навалювальні вантажі з кутом природного укоосу менше 30°, та перевірку загальної та місцевої міцності корпусу судна, і в результаті встановлено, що судно відповідає всім вимогам та є безпечним для здійснення мореплавання.

РОЗДІЛ 5

РОЗРОБКА ЗАХОДІВ З ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ БАЛКЕРІВ

5.1. Дослідження основних ризиків в експлуатації сучасного балкера

5.1.1. Динаміка зростання потреби в балкерах у мировому флоті

Перевезення навалювальних вантажів пов'язане з певним ступенем небезпеки, який може бути викликаний: зміщенням вантажу до борту та утворенням крену судна; розрідженням та перетіканням вантажу до борту; самонагріванням та самозайманням вантажу; підвищеною концентрацією у вантажних приміщеннях отруйних чи вибухонебезпечних газів; зниженим вмістом кисню у атмосфері трюмного повітря; порушенням місцевої чи поздовжньої міцності корпусу, швидкою корозією корпусу судна чи механізмів внаслідок хімічного впливу вантажу на метал; утворенням рвучкої хитавиці [42].

За прогнозами дослідників з різних країн на найближче майбутнє очікується, що загальний обсяг морської торгівлі зростатиме на 1,5-2,0 % на рік. Очікувана потреба у тоннажі (млн. т дедвейту) балкерного флоту представлена у табл. 5.1 [54].

Таблиця 5.1 – Прогнозована потреба в навалювальних судах, млн. т дедвейту

Тонажна група	2000 р.	2005 р.	2018 р.	2025 р.
Хендісайз (10-50 тис. т)	104,2	107,1	112,7	115,4
Панамакс (50-100 тис. т)	69,3	71,4	77,6	80,1
Кепсайз (понад 100 тис. т)	76,6	79,7	86,9	91,1
Усього:	250,1	258,2	277,2	286,6

5.1.2. Ризики в експлуатації балкера як елементи керування безпекою

Комітет MSC рекомендував Робочій групі використовувати результати, представлені МАКО, щодо визначення небезпек для водонепроникності носової частини балкерів. Була визначена 51 небезпека такого роду (передумови аварії), що відноситься до технічних систем, операцій на борту, виконання вантажних робіт і управління судном. Ризики, пов'язані з десятьма з них, визнані МАКО неприпустимо високими, і МАКО повідомляє про намір отримати точнішу оцінку в кожному випадку, щоб визначити близьку до реальної природи проблеми. Ці небезпеки наведені у табл. 5.2.

Таблиця 5.2 – Ризики під час експлуатації балкерів

№	Небезпека	Негативний вплив
1	2	3
1	Механічні пошкодження вантажних трюмів під час завантаження/вивантаження	Більш інтенсивна корозія, зношування
2	Хімічні пошкодження внаслідок впливу корозійних вантажів та баластової морської води	Інтенсивніша корозія, знос
3	Погане планування та організація обслуговування судна	Періоди обслуговування не плануються належним чином. Нестача ресурсів для обслуговування, включаючи роботу силу та послуги фахівців
4	Недоліки контролю за виконанням процедур технічного обслуговування	Не виявлене погане обслуговування
5	Портова влада не слідує плану вантажних операцій. Невідповідний контроль під час	Судно піддається статичним навантаженням, що перевищують допустимі. Надмірні перерізуючі сили

	завантаження/розвантаження судна. Недоліки у складанні вантажного плану	та згинальні моменти
6	Перевищення допустимих (проектних) критеріїв під час експлуатації судна	Судно піддається надмірним напругам. Структурні пошкодження корпусу, трюмних кришок та комінгсів
7	Надмірні загальні динамічні навантаження під час баластного переходу	Пошкодження носової частини днища через слеммінг, структурні пошкодження корпусу, «втома», пошкодження
8	Механічне пошкодження трюмів, бортових конструкцій, поперечних перебирань, люкових закриттів та комінгсів під час завантаження та вивантаження	Місцеві структурні ушкодження. Трюмні кришки не закріплюються належним чином
9	Закриваючі пристрої та конструктивні елементи трюмних лазів та дверей не обслуговуються належним чином у період плавання з вантажем та у баласті	Можливість надходження води всередину корпусу
10	Пошкодження під час плавання трубопроводів та закриття комор, розташованих на верхній палубі	Надходження води в комори (сховища). Можливість пошкодження обладнання та механізмів у цих приміщеннях

На тлі тенденції зниження аварійності суден, що намітилася в останні роки у світовому судноплавстві, серйозну тривогу морського співтовариства викликають значні втрати балкерів і нафторудовозів, що супроводжуються численними людськими жертвами.

У Бюлетені Регістру Ллойда "Bulkcarriers – an update" наводяться дані про аварії балкерів та ОВО (загибель з різних причин) у світовому флоті за період з 1960 р. (табл. 5.3).

Таблиця 5.3 – Дані про аварії балкерів світового флоту

BUILT SINCE 1960 (ALL SIZES)	Number of bulk carriers and OBO's	
In service or laid up	4702	
Have been or are to be broken up	1079	
Total losses all causes	273	
Total built since 1960	6081	
Building or on order	424	
SUMMARY OF TOTAL LOSSES		%
Losses by fire or explosion	53	19,4
War casualties	28	10,3
Wrecked or stranded	70	25,6
Collision or contact with submerged object	20	7,3
Cargo shift	4	1,5
Engine room flooding	7	2,6
Machinery damage	10	3,7
Known or possible hull damage	70	25,6
Missing unexplained	11	4,0

BUILT SINCE 1960 (20000 DWT AND OVER)	Number of bulk carriers and OBO's	
In service or laid up	4070	
Have been or are to be broken up	851	
Total losses all causes	194	
Total built since 1960	5115	
Building or on order	391	
SUMMARY OF TOTAL LOSSES		%
Losses by fire or explosion	33	17,0
War casualties	17	8,8
Wrecked or stranded	51	26,3
Collision or contact with submerged object	17	8,8
Cargo shift	2	1,0
Engine room flooding	6	3,1
Machinery damage	7	3,6
Known or possible hull damage	53	27,3
Missing unexplained	8	4,1

Як видно, безпосередніми причинами аварій та загибелі судів послужили: посадка на міліну, зіткнення, пожежі та вибухи, пошкодження та перелом корпусу. Звертає увагу той факт, що майже третина всіх аварійних випадків становлять аварії, спричинені пошкодженнями корпусу та інших конструкцій судна під час плавання з важким вантажем в умовах штормової погоди [2, 51].

Знаючи кількість загиблих суден, можна орієнтовно визначити кількість аварій на балкерах згідно із законом Хейндріха. У результаті вивчення та аналізу 9500 промислових аварій виведено цей закон про ймовірність і прогнозування аварійних подій, який може виражатися співвідношенням 10–19–300. Тобто на 10 великих аварій припадає 19 середніх та 300 дрібних. Ймовірність аварії з великим збитком становить 0,3%, із середнім - 8,8%, незначні збитки – 90,9%. Отже, якщо протягом зазначених п'яти років загинуло 100 навалочних суден, то середніх аварій у світовому балкерному флоті має бути близько 190, а дрібних – 3000 [42].

Особливий інтерес мають аварії, пов'язані з віком суден. Статистичні дані щодо аварійності балкерів вказують на прямий зв'язок між віком судна та кількістю інцидентів та аварійних подій. У Бюлетені Регістру Ллойда (2006 р.) наведено схему розподілу балкерів та ОВО (дедвейтом 20 тис. т і більше) залежно від віку (рис. 5.1). Тут же показано залежність аварійності суден з різних причин від віку. Як видно, більшість балкерів, що знаходяться в експлуатації, має "солідний" вік (14-20 років), найбільша кількість аварійних випадків припадає на судна віком 14-8 років.

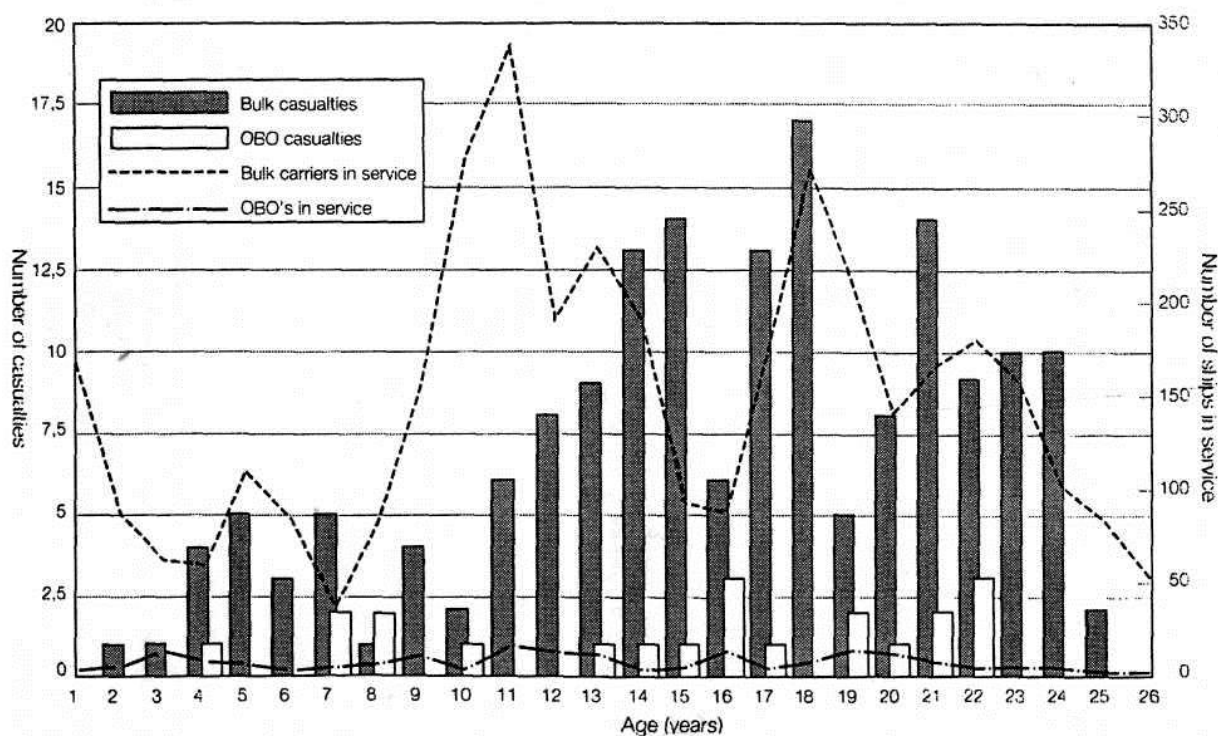


Рисунок 5.1 – Графік залежності аварійності балкерів від віку, років

5.1.3. Експлуатаційні фактори ризику аварій балкерів

Дослідження показали, що структурні пошкодження балкерів є наслідком впливу різних факторів у період експлуатації судна: перегину та прогину корпусу на хвилюванні, згинання трюмних шпангоутів при деяких способах завантаження (блочне завантаження, з порожніми трюмами, що чергуються); надмірна скручувальна напруга в районі трюмних люків, перевантаження окремих трюмів через затримку зупинки конвеєра при високій інтенсивності навантаження і т.п.

У буклеті МАКО (Bulk Carriers: Handle with Care), наводиться перелік основних ризиків для судна в період проведення вантажних операцій [42]:

- поганий зв'язок "судно-берег";
- недотримання плану навантаження судна;
- невідповідне попереднє планування вантажних операцій;
- неправильний розподіл вантажу за трюмами;
- перевантаження окремих трюмів за високої швидкості завантаження;
- фізичні ушкодження в період вивантаження.

Коротко розглянемо фактори ризику (передумови аварій), які найчастіше зустрічаються у практиці експлуатації балкерів:

1. Висока швидкість завантаження.

2. Використання при будівництві суден високоміцної сталі. Треба зазначити, що більшість суден, що зараз експлуатуються, побудовано з м'якої сталі. Однак у 80-ті роки під час будівництва балкерів почали використовувати високоміцну сталь (high tensile steel, НТ), бортова обшивка з якої може бути тоншою. Наприклад, якщо обшивка з м'якої сталі має товщину 24-29 мм, з НТ сталі – всього 20 мм. Заощаджується маса судна – до кількох тисяч тонн, знижується вартість його будівництва. Однак є й негативний бік цього нововведення: НТ сталь корозує так само швидко, як і м'яка, тому корозія на цих суднах швидко досягає критичного значення. Друга проблема: судна, побудовані з НТ стали, більш схильні до структурних ушкоджень, викликаних великими навантаженнями. На таких судах

спостерігається явище "стрибання" – вібрації на коротких хвилях внаслідок високої гнучкості корпусу [51], що сприяє зниженню міцності та ушкодженню конструктивних зв'язків.

3. Завантаження судна способом порожніх трюмів, що чергуються. Багатьма фахівцями визнається, що застосування названого способу завантаження під час перевезення важких вантажів може викликати порушення міцності корпусу судна.

4. "Блоковий" спосіб завантаження судна. "Блочним" називають завантаження, коли деякі трюми залишаються порожніми, але два або три суміжні трюми завантажені важким вантаженням. Такий спосіб застосовується на практиці при перевезенні декількох сортів руди, або кількох партій різнорідних вантажів, або, коли судно вантажиться способом порожніх трюмів, що чергуються, і додаткові трюми навмисно завантажуються з метою зменшити величину згинальних моментів і перерізуючих сил. Дослідження, виконані Міжнародною асоціацією класифікаційних товариств (МАКО) показали, що при "блоковій" завантаженні основну небезпеку для судна становлять не надмірні згинальні моменти і перерізуючі сили, які зазвичай залишаються в допустимих межах, а порушення місцевої міцності в районі "блоку". У ряді аварійних випадків з балкерами з'ясувалося, що судовий персонал не був поінформований про те, що "блочне" завантаження може викликати місцеві перенапруги та пошкодження корпусу, особливо поперечних зв'язків палуби та подвійного дна, деформацію люкових кришок. У більшості судових посібників із завантаження немає попереджень про неприпустимість певних варіантів такого завантаження, як і вказівок про можливість та умови використання цього способу.

5. Перевантаження окремих трюмів. Встановлено, що на багатьох, особливо старих, балкерах посібники з навантаження та забезпечення стійкості не містять інформації про максимально допустиме завантаження трюмів [49]. Тому судові офіцери не знають, які обмеження щодо завантаження встановлені класифікаційними товариствами для кожного трюму. В результаті можуть прийматися рішення, що ведуть до перевантаження трюмів.

7. Пошкодження конструктивних елементів трюмів під час вантажних операцій. Практика показує, що балкери часто зазнають пошкоджень у період вантажних робіт – внаслідок ударів грейферів і бульдозерів про металеві конструкції трюмів та при очищенні бортів та переборок від залишків вантажу за допомогою пневматичних молотків. Як наслідок, знижується міцність суднових конструкцій, бортів і перебірок і, якщо дефекти своєчасно не усунути, ймовірність водотечності бортової обшивки та затоплення трюмів у такого судна суттєво зростає.

8. Екстремальні погодні умови. Встановлено, що близько 70% втрат балкерів, починаючи з 1980-х років, відбулося в штормову погоду, хоча судна будуються та експлуатуються з урахуванням можливості впливу різних несприятливих погодних умов.

9. Недостатнє технічне обслуговування судна. Фахівці зазначають, що на багатьох балкерах відсутні відповідні програми огляду, профілактики та обслуговування різних суднових пристроїв членами екіпажу [49]. Зокрема, це стосується кришок люків суднових трюмів, палубних закриттів, горловин трюмів, внутрішньотрюмних пристроїв, обслуговування яких традиційно здійснюється силами екіпажу. У зв'язку із зменшенням чисельності екіпажу ці роботи стали виконуватися із запізненням за строками та не в повному обсязі. Відсутність належної уваги до обслуговування призводить до серйозних пошкоджень механізмів трюмних закриттів, негерметичності кришок люків, витончення бортової обшивки, шпангоутів внаслідок інтенсивного іржавіння, до руйнування захисного шару фарби в трюмах, ослаблення конструкцій бортових баластних танків. Зрештою, порушується загальна міцність корпусу судна, підвищується ймовірність його пошкоджень і псування вантажу внаслідок потрапляння заборотної води.

10. Недостатній рівень компетентності та взаєморозуміння членів суднового екіпажу. Як випливає з аналізу багатьох аварій, це один із головних факторів, які негативно впливають на безпеку експлуатації балкерів. Зазвичай він проявляється внаслідок відсутності у членів екіпажу необхідних сертифікатів, основних професійних знань та навичок, досвіду роботи на балкерах. У багатонаціональних

екіпажах утруднено спілкування та взаєморозуміння людей, підтримання належної дисципліни та порядку на судні, управління узгодженими діями моряків, особливо в екстремальних ситуаціях. Непоодинокі випадки, коли на технічно несправних судах працюють люди, погано знайомі з їх пристроєм, особливостями експлуатації, нездатні приймати розумні рішення у складних обставинах [42].

Крім розглянутих, до факторів, що створюють передумови аварійних ситуацій на балкерах, відносяться:

- "скручування" корпусу судна внаслідок асиметричного завантаження в порту (розміщення в окремому трюмі великої маси вантажу праворуч від діаметральної площини, а в іншому - зліва) або при зміні баласту в морі (та сама причина, але з баластною водою) може призвести до відриву обшивки від набору, деформації набору судна;

- пошкодження обшивки при навалах судна на причал, від ударів, завданих буксиром або плаваючим льодом;

- зміщення до борту і підвищення тиску на нього твердого або змоченого вантажу навалки, що викликають пошкодження суднових конструкцій і небезпечний крен;

- розрідження під час плавання твердого гранульованого вантажу внаслідок вібрацій корпусу; в результаті різко зменшується стійкість, можливі пошкодження частин трюму вантажем на хитавиці;

- розміщення вантажу на судні, що не відповідає вимогам посібника з навантаження та правил перевезення, що може призвести до порушення поздовжньої міцності корпусу та місцевих перевантажень;

- конструктивні недоліки суден, які роблять їх дуже вразливими до великих напруг за певних умов експлуатації.

5.2. Технологічні переваги в експлуатації і забезпеченні безпеки нових типів балкерів

5.2.1. Експлуатаційні особливості саморозвантажувальних балкерів

Однім з шляхів отримання експлуатаційних переваг в технологіях перевезення навалювальних вантажів є побудова і експлуатація саморозвантажувальних балкерів.

Саморозвантажувальні балкери (рис. 5.2) можуть працювати та обробляти



Рисунок 5.2 – Загальний вид саморозвантажувального балкера

навалювальний вантаж на будь-якому з доступних водних шляхів. Вони не потребують берегових систем або додаткової інфраструктури, наприклад, кранів та відповідних рельсових систем. Такі балкери можуть вивантажуватись на відкриті плаці, на баржу, в бункер або склад безпосередньо на дальність до 70 метрів від причалу. Вони здатні здійснювати морські перевантажувальні операції, досипаючи або повністю розвантажуючись на баржі та великі судна.

Оскільки в багатьох портах світу не вистачає потужностей для перевалки насипних вантажів, застосування таких суден було впроваджено в міжнародну

торгівлю. Це було зроблено шляхом переобладнання звичайних балкерів розмірів Handy і Panamax, а також нещодавнього будівництва нових найсучасніших саморозвантажувальних балкерів [61].

Головною відмінною рисою судна є конвеєрна система (рис. 5.3). По суті, вона надала цьому типу балкерів особливу назву, які зазвичай називають «самовивантажувачами». У цій конструкції трюми судна закінчуються над верхньою частиною танків подвійного дна (DB Tanks), утворюючи ряд численних відкритих конічних отворів, які називаються «хоперами». Вони в свою чергу закриваються шарнірними або шлюзовими затворами (Gates), які керуються за допомогою гідравліки (Hydraulic openings) [62].

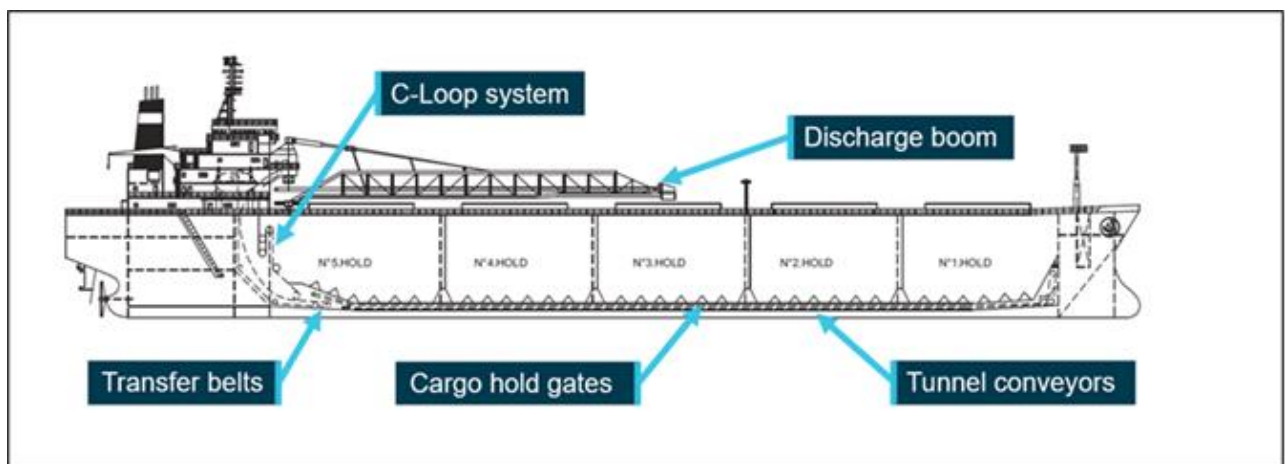


Рисунок 5.3 – Принципова схема саморозвантажувального балкера

Порожній простір, утворений між нижньою стороною цих «хоперів» і верхньою частиною танків подвійного дна (уздовж довжини судна), називається «тунелем». Конвеєрна стрічка проходить у тунелі вздовж судна; вантаж подається через «ворота» гравітаційно, при цьому гідравлічними затворами контролюється навантаження на пояс стрічки. Потім вантаж піднімається вертикально (підйомники на петлях, елеватор) або поступовими нахилами і передається на стрілу судна (Boom) [63].

Стріла самовивантажувача (рис. 5.4, 5.5) — це подовжена конструкція, яка вільно рухається по сектору. Вона розташована на головній палубі та охоплює стрічку конвеєра для транспортування вантажу на береговий термінал.



Рисунок 5. 4 – Загальний вид стріли самовивантажувача

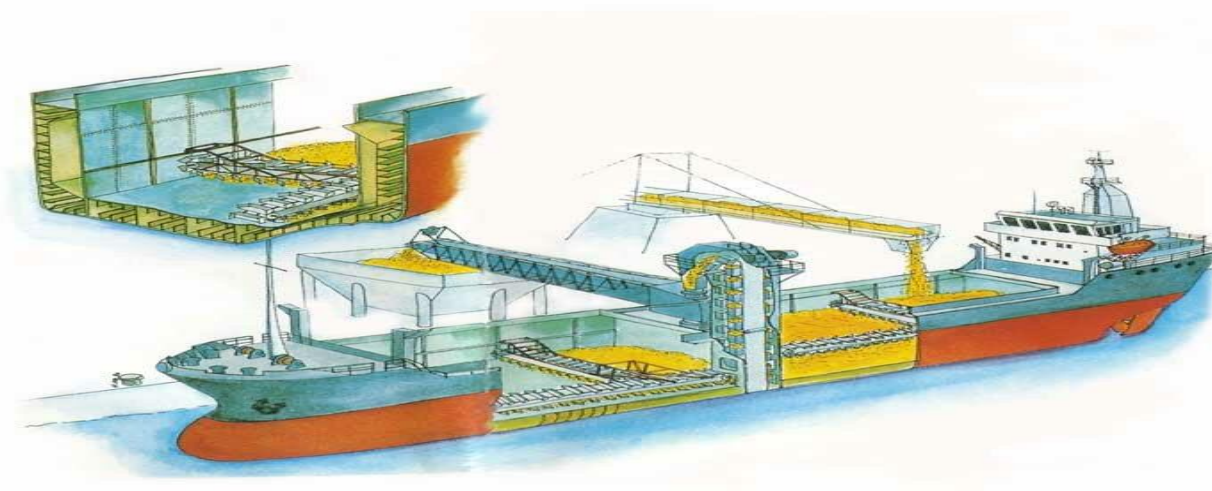


Рисунок 5.5 – Саморозвантажувальний балкер в розрізі

Концепція «Gravity Free-Flow» (рис. 5.6).

Гравітаційний вільний потік використовує вагу твердих сипучих вантажів для «ковзання» вниз через ворота на трюмовий конвеєр. Конвеєри працюють як

механічні розповсюджувачі, які транспортують вантаж горизонтально і вертикально. Певні вантажі гірше сиплюються, ніж інші, тому для цих цілей передбачена вібраційна система; а похилі сторони вантажних трюмів вистелені UHMW (Ultra high molecular weight polyethylene) плівкою, або листами тefлону для забезпечення потоку вантажу. Однак іноді деякі вантажі можуть потребувати звичайної механічної допомоги, наприклад, вологі [64].

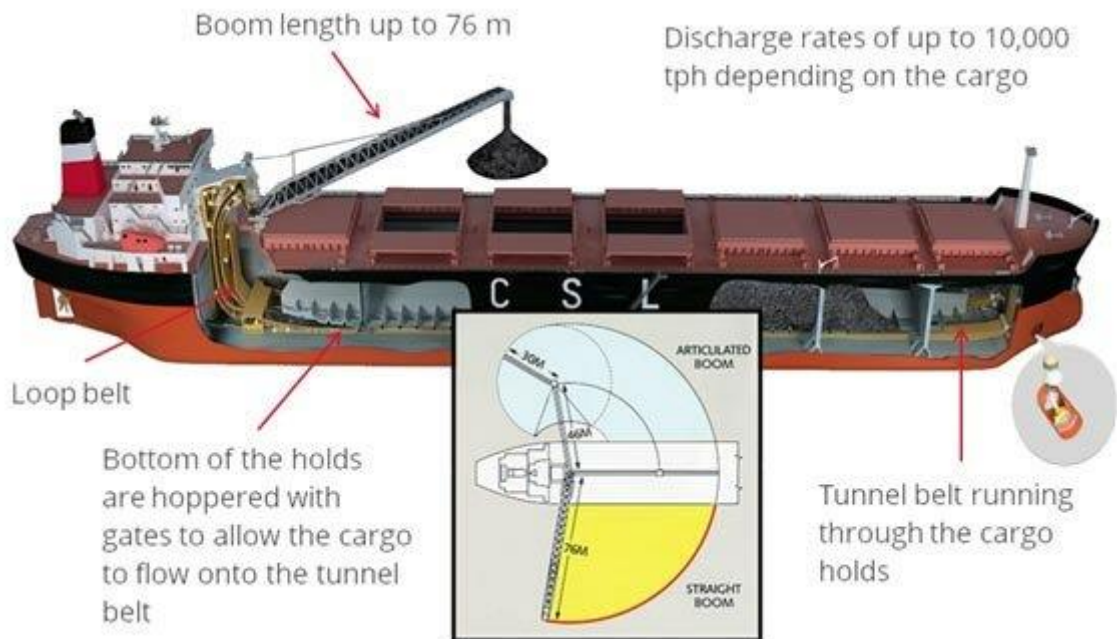


Рисунок 5.6 – Принципова схема технології «Gravity Free-Flow»

Балкери типу SUL (Self-Unloading) не залежать від берегової інфраструктури. Судновий стріловий конвеєр здатний вивантажувати вантаж на берег, тобто це завершальна стадія переміщення вантажу, що залишає судно; його можна розташувати у більшості положень так, щоб транспортувати вміст трюму на причал, на землю, бункер, баржу або інше судно тощо.

Технологія самовивантаження принципово побудована так. Вантаж падає через керовані гідравлічні ворота на конвеєрні стрічки, розташовані під трюмами. Ремені переносять вантаж до корми судна, де він переміщується до підйомної системи та піднімається до рівня палуби. Опинившись там, він

випускається на розвантажувальну стрілу, яка повертається до лівого або правого борту – на довжину 50-70 метрів від борту судна. Ця довжина залежить від розмірів стріли та її конструктивних особливостей. Після цього вантаж транспортується на берег чи безпосередньо на склад [65].

Швидкість розвантаження залежить від розмірів усієї конвеєрної системи та без посередньо від довжини судна, від розміру вантажних частинок, пропускної здібності воріт трюмів, тобто їх розмірів та конструкційних особливостей, кількості стрічок конвеєра та їх допустимого навантаження, обертальних механізмів та системи блоків, транспортуючих вантаж по гумовим стрічкам та ременям задля його подальшого переміщення нагору; від висоти та розміру «лупу» - верхньої частини конвеєрної системи, з якого в свою чергу зсипається вантаж на стрілу [66]. Зазвичай швидкість розвантаження балкерів типу Handysize – 2000-3000 тон / годину, типу Seawaysize, Panamax – 3000-5000 тон / годину, типу Aframax – 5000-10000 тон / годину.

Можливо зробити висновок, що самовивантажувачі типу SUL мають колосальні експлуатаційні переваги порівняно зі звичайними балкерами. Саме тому велика кількість балкерів переобладнуються, а нові будуються вже з конвеєрними системи [67].

5.2.2. Експлуатаційна гнучкість балкерів класу «Newcastlemax»

у порівнянні з балкерами «Capesize»

Ще одним шляхом отримання конкурентних переважень є будівництво балкерів, які здатні виштовхнути судна, належні до традиційних класів, наприклад, таких як Capesize, по тим чи іншим параметрам. В цьому дослідженні мова йдеться про новий клас суден Newcastlemax (рис. 5.7). Він має характеристики більш вигідні для фрахтувальника та судновласника, залишаючись не набагато більшим за габаритами ніж його конкурент .

Newcastlemax – відносно нове слово у світовому суднобудуванні. Назва суден такого класу походить від одного з найбільших у світі вугільних портів – австралійського глибоководного порту Ньюкасл. В основному, судна цього класу працюють у регіоні Австралія-Китай-Японія-Бразилія-Європа-США-Канада, де використовуються для перевезення залізорудної сировини та вугілля. У Європу, а саме у Роттердама, судна класу Newcastlemax возять вугілля та руду з Австралії та Бразилії. У чорноморському регіоні приймати таких гігантів були здатні тільки порти України, Румунії, Туреччини [67].



Рисунок 5.7 – Загальний вид балкера класу «Newcastlemax»

Newcastlemax – це клас балкерів без розвантажувального обладнання, який залежить від берегових вантажно-розвантажувальних механізмів. Належить до найбільшого за розміром класу, який може увійти в порт Ньюкасл (Австралія), мають вантажопідйомність понад 185 тисяч тонн дедвейту, максимальну ширину 50 метрів, довжину 300 метрів [68]. Їх можна віднести, і

частина джерел це робить до розмірної категорії Capesize та категорії VLOC (Very Large Ore Carrier) або VLBC (Very Large Bulk Carrier).

Сама по собі конструкція судна представляє розтягнутий Capesize і містить від 4-х до 11-12 трюмних кришок і трюмів (залежно від конструкції та проекту будівництва). Має товщину бортів близько 2 см, яка потребує ретельних інспекцій та стеження за цілісністю корпусу та вантажних приміщень.

Починаючи з 2016 року, цей клас суден почав брати перевагу над «кейпсайзами», і їх почали замовляти на верфях частіше і також розробляти нові проекти з екологічними 2-х паливними двигунами LNG, про що свідчить статистика із відкритих джерел.

Один із сучасних проектів суден.. був розроблений японською корпорацією JMU Japan Marine United Corp з метою збільшення вантажопідйомності в порівнянні зі старими конструкціями та зниження викидів парникових газів на 25%. В результаті проект став хітом у якості балкерів класу Capesize для перевезення вугілля та залізної руди в Тихоокеанському регіоні. Удосконалена форма надстройки сприяє зниженню викидів парникових газів та витрат мазуту. Крім того, різні енергозберігаючі пристрої та унікальна форма носової частини під назвою «LEADGE-Bow®» знижують додатковий опір на хвилях [69].

З економічної точки зору судна класу Newcastlemax вигідно експлуатувати великим вантажевідправникам і фрахтувальникам. На вантажних терміналах Австралії, Бразилії, США та Канади валова норма навантаження суден досягає 10 тисяч тонн на годину. При навантаженні на двох терміналах у Південному, середня норма навантаження становить 50 тис. тон на добу – що називається, відчуйте різницю.

Укрупнення судових партій дає можливість вантажовласникам мінімізувати витрати на тонну вантажу, що перевозиться, особливо в сегменті

вантажів вугілля, руди. Адже вартість транспортування однієї тонни вантажу суднами класу Newcastlemax нижча, ніж балкерами меншого тоннажу. Ключовими напрямками доставки вантажів суднами класу Ньюкаслмакс є порти Китаю, Індії, а також європейські порти Роттердам (Нідерланди), Фос (Франція) та Таранто (Італія). Основні вантажі, що перевозяться суднами цього класу це залізна руда і вугілля з портів Австралії, Бразилії, Південної Африки, Норвегії, США, Чилі та Перу. Основна причина з привабливості цього класу суден за напрямом Австралія-Китай – це дисбурсментські витрати. В портах цих країн витрати по Newcastlemax не набагато відрізняються від суденв типу Capesize, а ось вартість перевезення відчутно нижча.

5.3. Забезпечення контролю безпеки за допомогою вантажних програм

У зв'язку зі зростанням номенклатури вантажів, що перевозяться морем, надходженням в експлуатацію сучасних суден вузької спеціалізації, все більше виникає необхідність розвитку нових технологій управління вантажними операціями, які забезпечують автоматизоване планування, розрахунок остійності, перевірку навантажень та контроль безпеки під час завантаження. Одним із шляхів проектування та впровадження подібних технологій є автоматизація перевантажувальних процесів на основі адекватно розроблених вантажних програм. Ступінь відповідності таких програм існуючим вимогам міжнародних конвенцій, вантажних планів суден та технологічним умовам їх завантаження. у цьому контексті визначає їх верифікація (від латів. *verum* «істинний» + *facere* «робити»). Крім суттєвого скорочення непродуктивних простоїв суден у портах, розробка та застосування вантажних програм дозволяє підвищити, у тому числі, безпеку судна під час його експлуатації. Ці обставини свідчать про безумовну актуальність проведеного дослідження.

Вантажні програми на суднах – це спеціалізоване програмне забезпечення (ПЗ), яке використовується на борту суден для планування, контролю та забезпечення безпеки вантажних операцій. Кожна програма проходить

сертифікацію класифікаційними товариствами, що гарантує точність розрахунків у всіх можливих режимах експлуатації судна.

У зв'язку з цим давно назріла необхідність застосування обчислювальної техніки, а також автоматизованих систем контролю завантаження та остійності судна. Наприклад, при перевірці загальної та поздовжньої міцності корпусу балкера слід пам'ятати, що діаграми, побудовані вручну і отримані з допомогою комп'ютера чи лодикатора, можуть збігатися, оскільки останні будуються значно більшої кількості значень. На діаграму наносяться також допустимі значення сил, що перерізують, і згинальних моментів, щоб вона наочно відображала відповідність поздовжньої міцності судна при даному завантаженні існуючим вимогам. На рис. 5.8 показано комп'ютерний варіант таких діаграм для балкера Панамакс [61].

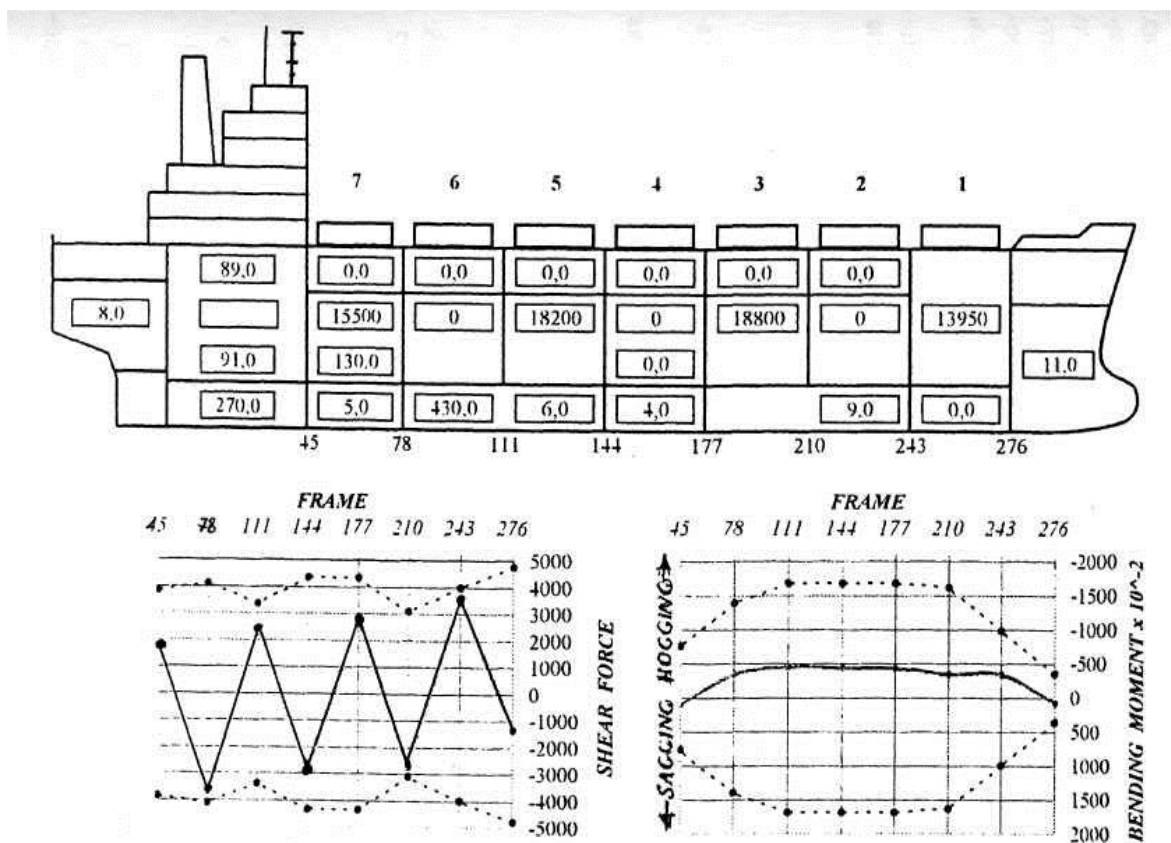


Рисунок 5.8 – Комп'ютерний варіант побудови діаграм згинальних моментів і сил, що перерізують

Принципова комп'ютерна схема планування завантаження балкера, розроблена Регістром Ллойда, показана на рис. 5.9. Вантажний план на рейс вводиться в прилад за допомогою клавіш управління набором коду приміщення, маси вантажу, що розміщується в ньому, і аплікати його центру тяжіння. У міру введення завантаження приміщень (трюмів) на дисплеї висвічуються відповідні значення дедвейту, осідання судна носом і кормою, метацентричної висоти, згинальний момент і сила, що згинає, в заданому перерізі (перебиранні) у відсотках від допустимого значення.

Нині розробляється дедалі досконаліше ПЗ. Програми, як правило, містять відомості про розміщення вантажів, включаючи вантажі небезпечні та негабаритні, осіданнях судна, перерізуючих силах і згинальних моментах, перевіряють, чи вантажі не закривають огляд з містка судна (visibility), про те,

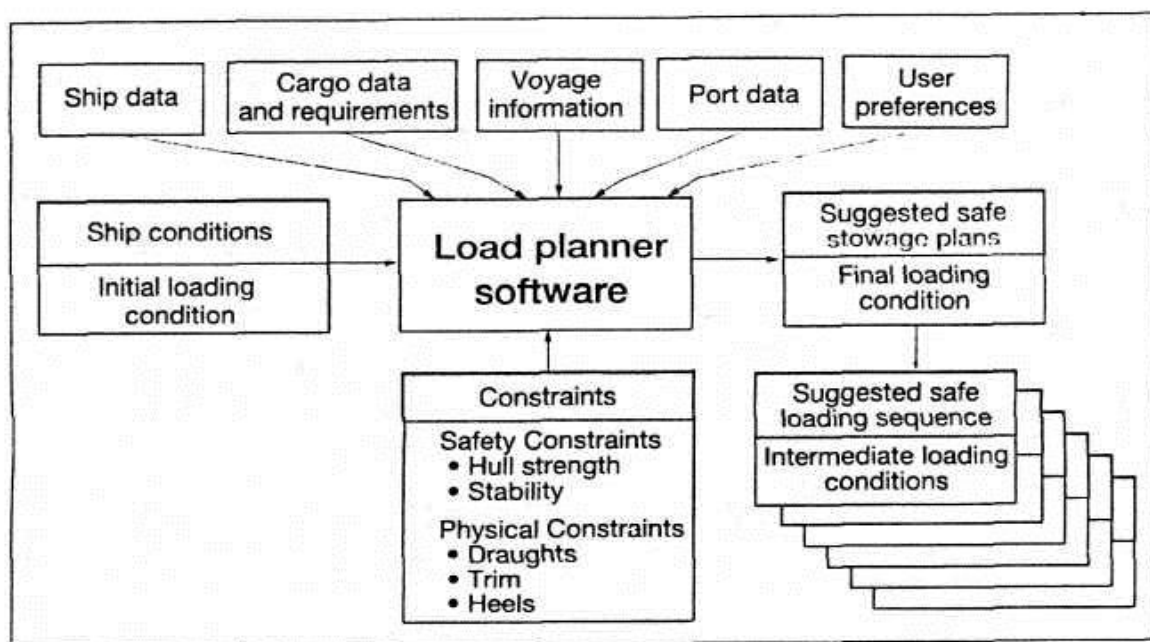


Рисунок 5.9 – Схема планування завантаження балкера

наскільки занурений гвинт у воду (propeller immersion). Крім цього, знайшли застосування комп'ютерні програми для вирішення завдань розміщення та кріплення вантажів, що дозволяють моделювати складний процес хитавиці судна на хвилюванні. Ці програми використовують візуальні інтерфейси, часто з функцією перетягування, щоб допомогти фахівцям управляти технологічними операціями з різними видами вантажів. Ключові функції включають

автоматизовані розрахунки остійності, коригування планування в режимі реального часу і електронний обмін даними з іншими системами.

Функціонал програм та їх призначення можна виразити так:

- оптимізація розміщення вантажу: Програми допомагають найкраще розподілити вантаж на судні, щоб забезпечити його остійність і зберегти необхідний диферент;
- розрахунки: Виконують складні розрахунки остійності, міцності корпусу, осідань та диференту для підтвердження безпеки навантаження;
- планування навантаження: Створюють детальний план завантаження та вивантаження з огляду на всі вимоги, включаючи правила розміщення небезпечних вантажів (stowage and segregation);
- усунення конфліктів: Допомагають старшому помічнику виявляти та усувати конфлікти, пов'язані з розміщенням вантажів, наприклад, небезпечних чи негабаритних;
- розрахунки видимості: Перевіряють, щоб вантаж не закривав огляд з містка судна (visibility);
- вантажні операції: Допомагають у розрахунку, наприклад, занурення гвинта під воду (propeller immersion).

У дослідженні встановлено необхідність синхронізації вантажних програм, що здійснюють причальні та судові операції. Показано, що сучасні вантажні програми навантаження навалювальних вантажів передбачають повну автоматизацію судовантажних машин (CBM, або шиплоудерів).

На балкерах використовуються автоматичні грейферні CBM з системами лазерного сканування трюму (TPS), які автоматично визначають положення судна та розподіл матеріалу. Це забезпечує безперервне розвантаження без ручного втручання. Автоматизовані CBM оснащуються системами відеоспостереження і лазерними радарми, що забезпечують рівномірне заповнення трюмів. Також використовуються автоматичні стакери-реклаймери, які створюють тривимірну модель штабелю й оптимізують вантажні процеси. Такі технології підвищують швидкість і точність обробки балкерів, скорочують

час маневрів і простоїв, а також мінімізують вплив людського фактора на процеси навантаження. Такі рішення не лише підвищують ефективність вантажних операцій, але й значно зменшують ризик травматизму, втрат вантажу та перевантаження конструкцій судна. Автоматизація судових процесів є ключовим кроком до створення повністю інтегрованої системи управління морськими перевезеннями.

Вантажні програми по керуванню причальними операціями включають:

1. Апаратне забезпечення та сенсори CBM для "сприйняття" навколишнього середовища:

- 3D-сканери (LiDAR або 3D-радар): Це "очі" системи. Вони встановлюються на стрілі CBM і в режимі реального часу розпізнають трюми і сканують їх, визначають координати трюмів, межі комінгсів і будь-які перешкоди (наприклад, кришки трюмів або судові крани). У процесі навантаження безперервно будується 3D-модель штабеля вантажу в трюмі, що дозволяє системі бачити, як розподіляється вантаж, якою є висота конуса і наскільки заповнений трюм;

- системи запобігання зіткнень (Anti-Collision). Використовуючи дані 3D-сканерів, система створює "захисний міхур" навколо стріли та навантажувального хобота і автоматично уповільнює або зупиняє рух CBM, якщо виникає ризик зіткнення з якоюсь частиною судна;

- високоточне (1 см) позиціонування (RTK GPS) самої CBM на причалі;

- датчики на судні для вимірювання осідання, крену та диферента, рівня води в баластових танках.

2. Програмне забезпечення (ПЗ) та управління, що об'єднує компоненти:

- верхньорівневе програмне забезпечення системи управління терміналом (TOS - Terminal Operating System). Керує логістикою порту, зберігає карго-план;

- програмуємий логічний контролер (ПЛК) CBM, що програмується. Керує всіма операціями CBM (поворот, підйом / опускання стріли, висування хоботу та інші);

- судновий комп'ютер стійкості (Load Calculator / Loadicator). Перебуваючи на борту судна, в режимі реального часу безперервно розраховує остійність, крен, диферент та поздовжню міцність корпусу.

3. Процес автоматичного навантаження: від плану до трюму. Повністю автоматизований процес включає: а) планування, коли каргоплан завантажується в TOS; б) позиціонування, коли оператор чи система переміщає CBM до першого трюму згідно з планом; в) сканування: 3D-сканери знаходять трюм і визначають його точні межі; г) автоматичне навантаження, коли ПЛК CBM, отримуючи команди від TOS, автоматично керує рухами стріли та хобота, щоб: мінімізувати запилення, оптимально заповнити трюм, що досягається переміщенням хобота по заданій траєкторії, "ялинкою" або по спіралі, щоб уникнути формування одного високого конуса; д) контроль ваги вантажу. Отримуючи дані про вагу з конвеєрних ваг, навантаження в трюм припиняється після досягнення заданого у плані тоннажу; е) перехід до наступного трюму.

4. Замкнений контур безпеки (Closed-Loop Control). Забезпечує режими;

- ручний режим (застарілий). Вахтовий помічник стежить за судновим комп'ютером за остійністю, при досягненні крену або прогину корпусу критичних значень і по радіо дає команду оператору CBM;

- автоматизований режим. Передбачає обмін даними, коли судновий Loadicator передає дані про крен, диферент, напругу) в TOS;

- замкнутого контура режим: Якщо TOS бачить, що навантаження в трюм № x викликає неприпустимий крен (за даними з судна), вона автоматично подасть команду ПЛК CBM "Пауза" або "Перейти до трюму № xxx" (згідно з резервним планом), щоб вирівняти судно. Це дозволяє виключити людський чинник із контуру забезпечення остійності.

Переваги автоматизації СПМ полягають у таких факторах, як:

- безпека: зниження ризику зіткнення CBM із судном; виключення людського фактора при контролі остійності та міцності корпусу; оператори з кабіни на стрілі переходять до безпечного віддаленого центру управління;

- швидкість та продуктивність: робота ведеться в режимі 24/7; скорочується час на позиціонування та переходи між трюмами;
- точність та ефективність: вантаж розподіляється у трюмі оптимально; провадиться високоточний облік вантажу за вагою;
- екологічність: автоматичне управління хоботом мінімізує висоту падіння вантажу з нього, і, як наслідок, пилення.

Дослідження показало, що усі вантажні програми для суден мають схожий принцип роботи, проте відрізняються параметрами конкретного судна – об'ємом танків, кількістю відсіків, типом вантажу та архітектурою корпусу. Через це, навіть при використанні найсучасніших систем, повністю покладатися на результати програм неможливо, оскільки частина даних залишається незмінною, а отже, не відображає реальний стан судна. Враховуючи зазначене, особливої важливості набуває процес верифікації вантажних програм, який дозволяє переконатися у достовірності та адекватності розрахунків, стабільності програмного забезпечення та відповідності результатів фактичним параметрам судна.

Принцип роботи та основні характеристики вантажних програм:

- візуальне планування: більшість програм використовують графічний інтерфейс, в якому користувачі можуть візуально перетягувати вантаж на тривимірну модель трюму судна;
- автоматизовані розрахунки: програма автоматично розраховує та відстежує критичні фактори, такі як остійність судна, міцність, диферент та баласт, протягом усього процесу навантаження;
- оптимізація: система планування оптимізує план укладання вантажів для максимального використання вантажомісткості з дотриманням вимог безпеки;
- запобігання конфліктам: система автоматично перевіряє наявність конфліктів, наприклад, таких як, чи достатньо вантажомісткості відсіку, чи сумісні вантажі, а також може перевірити правильність сегрегації небезпечних вантажів;

- оновлення: плани навантаження можуть оновлюватися в режимі реального часу, зміни автоматично прогнозуються для майбутніх портів заходу;
- електронний обмін даними: програмне забезпечення полегшує обмін даними з іншими системами, такими як термінальні операції, які підтримуються комп'ютерами;
- універсальність: програми доступні для різних типів суден, включаючи балкери, універсальні контейнеровози (програми iStow і Autoship Systems Corporation);
- інтеграція з ШІ: нові системи використовують ШІ для автоматичного планування та оптимізації, що може значно скоротити час планування.

План розміщення навантажувальних вантажів – це докладна схема, що показує, як вантаж повинен бути завантажений, розподілений та закріплений на судні для забезпечення безпеки та ефективності навантаження/розвантаження. Він створюється до навантаження і включає інформацію про тип вантажу, вагу, пункт призначення та вимоги до кріплення. План повинен забезпечувати стійкість, міцність судна та його відповідність міжнародним правилам безпеки, таким як Кодекс IMDG та Кодекс BLU.

Сьогодні у сфері морських перевезень активно застосовуються такі вантажні програми:

- LPS-Bulk: розроблена для суден, що перевозять навантажувальні вантажі, враховує коефіцієнт укладання та кут природного укосу вантажу, а також використовує вбудований гідростатичний модуль для розрахунку стійкості;
- FastLoad: економічне рішення для контейнеровозів, LCT та інших типів суден, доступне кількома мовами;
- OPUS Stowage: надає оптимізовані плани навантаження/розвантаження для контейнерних судноплавних компаній з акцентом на продуктивність та рентабельність;

- SimpleStow GC: програмне забезпечення для планування перевезень генеральних вантажів з інтерфейсом перетягування, можливостями налаштування та інструментами електронного обміну даними;

- cCASP: хмарне рішення, що використовує ІІІ для автоматичного планування та надає функції управління інтенсивністю роботи крана, кріплення та обміну даними в режимі реального часу.

Також часто зустрічаються вантажні програми Transas Marin, MACS3, ShipManager, Load-Master, MA & AB Stowage/Lashing System.

Так, програма MA & AB (рис. 5.10) дозволяє моделювати процес розміщення вантажів у трюмах у тривимірному (3D) форматі, враховуючи качку судна, перерозподіл навантажень і перевірку остійності.

Програма автоматично розраховує сили, що діють на вантаж, контролює натяг кріпильних тросів і підбирає оптимальні засоби кріплення відповідно до стандартів ABS, DNV, BV, LR.

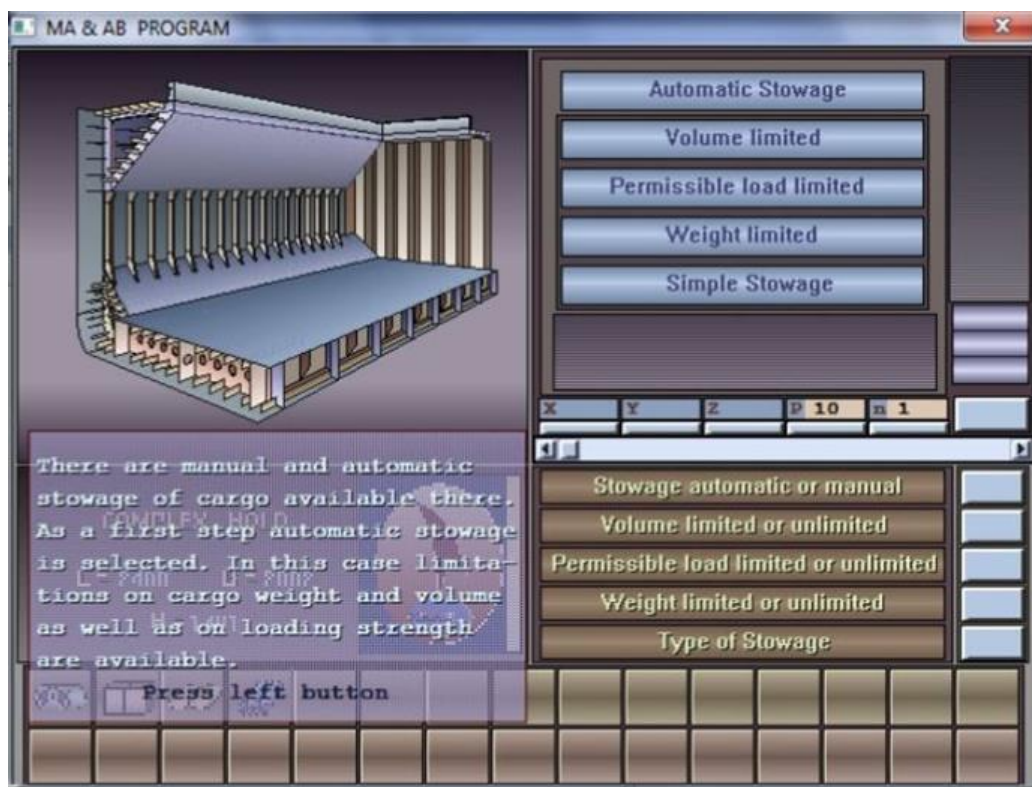


Рисунок 5.10 – Програма MA & AB моделювання розміщення вантажів у 3D-форматі

Також відома серед фахівців вантажна програма Loadicator (рис. 5.11).

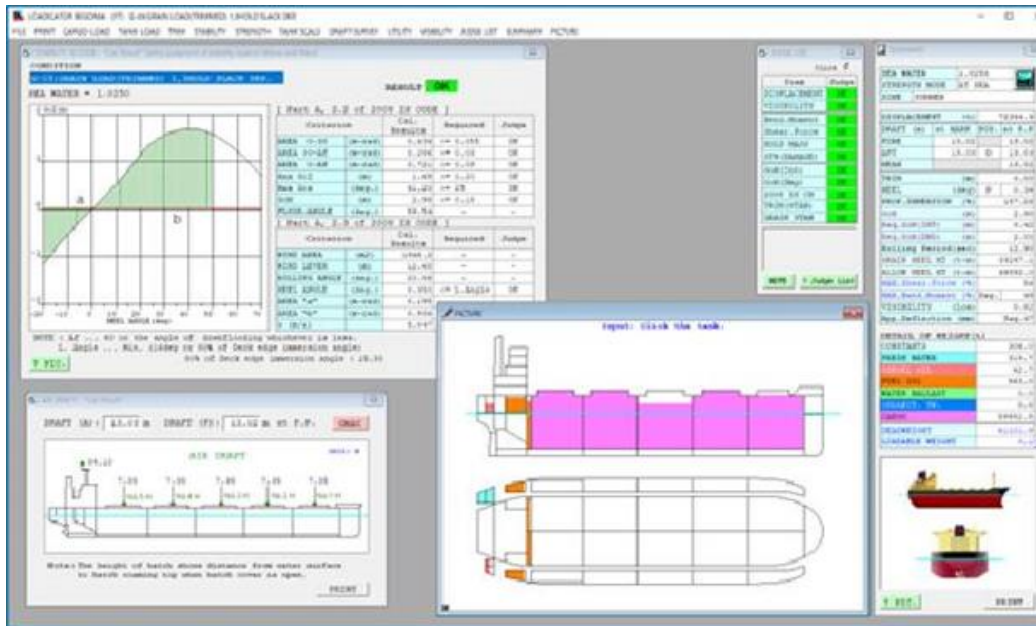


Рисунок 5.11 – Вантажна програма Loadicator

Процедура її верифікації періодично виконується вантажним помічником та щорічно перевіряється сюрвейєром класифікаційного товариства; вона спрямована на підтвердження точності розрахунків та коректності роботи програмного забезпечення. У ході перевірки до програми вводяться дані, ідентичні тим, що містяться в одному із затверджених тестових умов, і результати розрахунків осадки, остійності та напружень повинні повністю збігатися з офіційно схваленими показниками. Далі вносяться суттєві зміни у вхідні параметри, наприклад, шляхом коригування ваги вантажу або баласту для зміни осідання чи водотоннажності не менше ніж на 10 %, що має призвести до логічної відмінності результатів. Після цього дані повертаються до початкових значень, і отримані результати повинні відтворити вихідні, підтверджуючи правильність обробки інформації програмою. Завершальним етапом є перевірка системи попереджень, яка має своєчасно реагувати на перевищення максимально допустимого осідання, меж міцності корпусу та критеріїв остійності.

Допустимі відхилення (Tolerance Limits) для основних параметрів під час проведення верифікації становлять: водотоннажність $\pm 2\%$, довжина плеча остійності $\pm 5\%$, диферент і осідання до $\pm 1\%$, поправка на вільну поверхню

$\pm 2\%$, а кут закінчення діаграми остійності може відрізнятись в межах 1° - 2° . Такі відхилення вважаються припустимими і не впливають на достовірність..

На наш погляд, інтерес може становити вантажна програма “Bulk Cargo” (рис. 5.12).

Модуль планування укладання насипних вантажів точно моделює місця для зберігання, розмір та розміщення бункера, а також купи в грудках. Графічні інструменти програми придатні як для традиційних, так і для балкерів, що саморозвантажуються. ПЗ враховує вантажно-розвантажувальне обладнання, спосіб навантаження, розмір та розташування вантажних люків, диферент та розміри вантажного трюму

Навантаження та розвантаження вантажу плануються в одному інтерфейсі шляхом перетягування між вікнами вантажних списків та власне трюмів. Розрахунки проводяться залежно від способу завантаження, кута природного укосу вантажу, диферента та крену судна, а також габаритів та положення СВМ. Програма функціонує під час роботи більше, ніж одного навантажувача в даний момент часу.

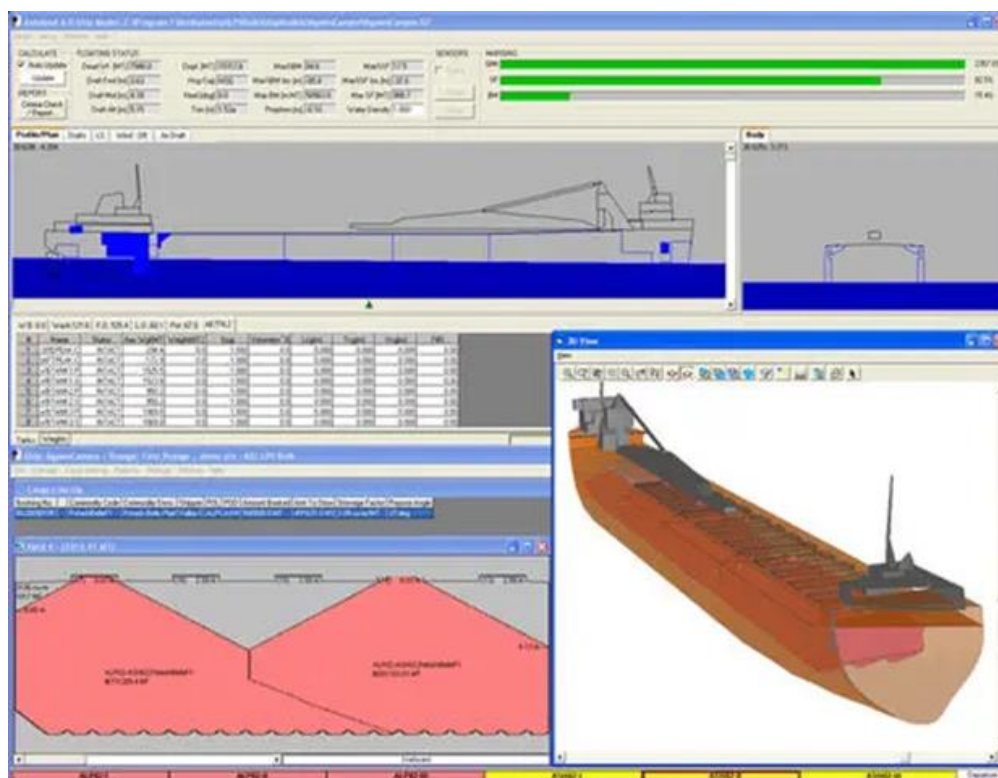


Рисунок 5.12 – Робота вантажної програми “Bulk Cargo”

Ключові компоненти та фактори.

- інформація про вантаж: у плані детально описується кількість, вага та характер вантажу для кожного порту заходу. Сюди входять такі характеристики, як коефіцієнт трюмного укладання, який визначає об'єм, що займається тонною вантажу, і впливає на щільність штабеля вантажу та вимоги до вантажомісткості;

- остійність та міцність судна: виконуються розрахунки для забезпечення того, щоб згинальний момент (SFBM) судна, остійність (GM, GZ) та міцність верхньої палуби, танків залишалися в допустимих межах під час навантаження та протягом усього рейсу.

- сегрегація: план гарантує правильне укладання сумісних видів вантажів та поділ небезпечних вантажів відповідно до IMDG (програми Autoship Systems Corporation);

- кріплення: у плані визначається, як кріпитиметься кожна партія вантажу, а також інструкції з необхідних матеріалів та обладнання для кріплення (дані Міжнародного інституту морських досліджень);

- послідовність навантаження: планується докладна послідовність навантаження та розвантаження, щоб мінімізувати час перебування судна в порту, оптимізувати використання вантажівмістості та уникнути пошкоджень;

- інформація про порт: враховуються необхідні дані про порт, такі як глибини на підходах та біля причалів, норми вантажних робіт та будь-які місцеві обмеження.

Виконання та моніторинг.

- Розповсюдження: План заздалегідь розсилається в порти заходу для забезпечення безперебійної обробки вантажу;

- моніторинг: екіпаж судна постійно контролює процес навантаження та розвантаження, щоб гарантувати правильне виконання плану;

- коригування: У разі виявлення суттєвих відхилень вантажні або баластові операції коригуються для усунення невідповідностей.

Недоліки програм завантаження суден включають: залежність від людського фактора та складності в управлінні, неможливість точного обліку при нестандартних вантажах, а також проблеми із програмним забезпеченням та сумісністю даних. Крім того, існують обмеження типу вантажу, які не можуть бути враховані в програмі, що ускладнює планування маршруту.

Для верифікації більш складних систем управління вантажами виникають додаткові виклики, які мають бути враховані при оцінці надійності програмного забезпечення:

- застарілі системи: Багато компаній досі використовують застарілі програмні рішення, які мають обмежену сумісність із сучасними системами. Це потребує комплексного тестування для перевірки їхньої роботи як єдиного цілого;

- цілісність даних: Надзвичайно важливо перевірити, що дані про вантаж, вагу, розташування та запаси (паливо, баласт) залишаються узгодженими і точними в реальному часі, особливо після перестановок або під час синхронізації з датчиками. Помилка у даних може призвести до неправильного розрахунку остійності судна;

- відповідність нормативним вимогам: Верифікація має підтвердити, що програмне забезпечення відповідає місцевим і міжнародним нормам, зокрема вимогам SOLAS, стандартам безпеки та екологічним регламентам, які постійно оновлюються.

- інтеграція: Вантажна програма повинна бути верифікована щодо безперебійної інтеграції з іншими системами: ERP, CRM, VRC, датчиками рівня в танках.

Виявлено, що вантажним програмам притаманні такі обмеження та складність:

- неточність при нестандартних вантажах: Програми завантаження можуть не враховувати особливості нестандартних вантажів, таких як навалювальні, наливні або великовагові, що призводить до помилок під час планування завантаження;

- вплив людського фактора: Неправильне внесення даних або помилки при розрахунках можуть призвести до помилок у плануванні завантаження судна;

- неповна сумісність: Складності із сумісністю програмного забезпечення та різних систем можуть призвести до втрати даних або некоректних розрахунків.

Нами зроблено спробу систематизації таких експлуатаційних проблем:

- неможливість урахування всіх факторів: Програми можуть не враховувати всі фактори, що впливають на безпеку судна, такі як погода, хвилювання моря, завантаження судна тощо;

- проблеми з керуванням: Неефективне використання ПЗ може призвести до зниження ефективності та збільшення витрат на завантаження судна;

- невисока точність: Точність програмного забезпечення може бути низькою, що призводить до помилок у розрахунках та плануванні.

Показано, що мають враховуватись і проблеми з обладнанням та інфраструктурою:

- обмеження по типу суден: Програми можуть бути обмежені у використанні певного типу суден, що обмежує можливості планування завантаження;

- обмеження щодо виду вантажів: Програми можуть не враховувати особливості завантаження та розвантаження певних видів вантажів, що може призвести до помилок;

- залежність від інфраструктури: Діяльність ПЗ залежить від наявності та розвитку інфраструктури в порту, такої як крани, вантажні майданчики тощо;

Нами класифіковано такі недоліки вантажних програм для балкерів:

1. Проблеми з інфраструктурою та логістикою:

- залежність від портової інфраструктури: Балкери вимагають добре обладнаних портів із достатньою вантажопідйомністю терміналів;

- обмежена пропускна спроможність: Загальна пропускна спроможність може бути недостатньою для перевезення всіх запланованих обсягів вантажів.

2. Технічні та операційні обмеження:

- неможливість перевезення нетипових вантажів: Балкери спеціалізуються на вантажах навалом, але не можуть перевозити негабаритні або нестандартні вантажі;
- проблеми з навантаженням / розвантаженням: За відсутності власних кранів на судні чи портах, виникають складнощі та затримки.

3. Безпека та технологічні ризики:

- усунення вантажу, що може створювати загрозу безпеці;
- інші ризики: Наприклад, самозаймання вантажу, субстандартність судна також становлять небезпеку.

4. Ринкові та економічні фактори

- невідповідність собівартості та транспортних витрат: Економічна недоцільність перевезення, якщо собівартість виробництва вантажу всередині країни вище витрат на його імпорт та логістику.

Треба мати на увазі, що програма розраховує результат на основі введених даних. Якщо помилитися у введенні ваги вантажу, його розміщенні, або не врахувати якийсь фактор, програма видасть технічно правильний, але фактично небезпечний результат.

Одним із таких факторів може бути так званий «мертвий вантаж» – залишковий вантаж або зміщення маси, що з'являється внаслідок модернізації судна, заміни обладнання чи зміни конструктивних елементів. Подібні зміни часто не відображаються у вантажних програмах, тому виникає необхідність постійного контролю осадки, перевірки кількості води в баластних танках, а також справності індикаторів та точності баластної системи, яка іноді не враховує фактичний стан судна після модернізацій. Ручна перевірка поки що залишається єдиним способом виявлення таких помилок вхідних даних. Але ця обставина створює "місце помилки", додаючи час та навантаження, подовжуючи роботу, а також залишаючи простір для наступних помилок. Усунення такого дублювання та підвищення абсолютної надійності розрахунків є важливою.

Висновки. Сучасні вантажні програми є важливим інструментом для забезпечення безпеки судноплавства, проте не можуть повністю замінити професійний контроль. Головна загроза полягає у надмірній довірі до автоматичних розрахунків без перевірки фактичного стану судна. Основні проблеми – це людський фактор під час введення даних і неврахування змін у масі після модернізацій.

Важливу роль у забезпеченні точності даних відіграє синхронізація між судновими системами та засобами портового обладнання. Без чіткого обміну інформацією між судном і терміналом виникають додаткові ризики розбіжностей у вантажних планах. Автоматизація портів, спрямована на мінімізацію людського фактора, має супроводжуватися аналогічним підвищенням якості контролю з боку судових фахівців.

Запропонований підхід із проведенням верифікації розрахунків, веденням реєстру змін маси та подвійним контролем параметрів дозволяє підвищити точність і надійність оцінок. Отже, безпека вантажних операцій залежить не від складності програми, а від якості контролю та усвідомлення її обмежень.

Також вся необхідна інформація, одержувана за допомогою сучасних комп'ютерних програм та автоматизованих систем розрахунку та контролю завантаження судна, може швидко передаватися через супутниковий зв'язок між судном та берегом. Це дозволяє зробити всі необхідні розрахунки завантаження ще до приходу судна до порту для оптимізації вантажних робіт.

Після впровадження запропонованих заходів щодо вдосконалення верифікації вантажних програм, у майбутньому слід очікувати поєднання автоматизованих розрахунків із постійним моніторингом реального стану суден.

РОЗДІЛ 6

РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ СУДНА В РЕЙСІ

6.1 Загальна частина

В умовах ринкової економіки, центр всієї економічної діяльності переміщається до основної ланки – підприємства, судноплавної компанії, судна. Саме на цьому рівні створюється потрібна суспільству продукція, виявляються необхідні транспортні послуги. Ринкова економіка по-новому ставить питання обґрунтування економічної доцільності нововведень, постійного аналізу в області організації, управління, технології і техніки.

Відомі два джерела збільшення прибутку судноплавної компанії, упровадження нововведення: зниження собівартості одиниці продукції або транспортних послуг та покращення їх експлуатаційно-економічних характеристик. Реалізується це через зниження ціни та за рахунок підвищення конкурентоспроможності судна, або через підвищення ціни (фрахтової ставки) та збереження об'єму перевезень завдяки високій конкурентоспроможності через більш високі показники продукції, транспортних послуг, ніж у конкурентів. При рішення задачі, в першу чергу, необхідно визначити джерела підвищення прибутковості судна. В другу чергу, необхідно визначити основні напрями досягнення найшвидшого економічного результату за рахунок вибору найкоротшого і безпечного шляху проходження, економії ходового та стоянкового часу, збільшення експлуатаційного періоду, скорочення експлуатаційних витрат і використання внутрішніх резервів.

При оцінці ефективності рейсу необхідно виконати наступні розрахунки:

- розрахунки кількісні, якісні, експлуатаційно-економічні та фінансові показники роботи судна в рейсі;

- визначити провізну здатність судна за рейс та експлуатаційний період роботи;
- розрахувати експлуатаційні витрати судна за добу та за рейс по статтях;
- розрахувати доходи від транспортної роботи за рейс та експлуатаційний період;
- визначити собівартість змісту судна за добу експлуатації судна в рейсі;
- визначити собівартість перевезення за експлуатаційний період 1 тони вантажу;
- розрахувати прибуток судна за рейс і експлуатаційний період;
- розрахувати рівень прибутковості за рейс і експлуатаційний період;
- обґрунтувати економічну ефективність виконання рейсу, доцільність використання судна в заданому регіоні;
- спрогнозувати роботу судна за експлуатаційний період по основних показниках: об'єму перевезеного вантажу, об'єму транспортної роботи, доходу, загальним витратам, прибутку судна, рівню дохідності;
- визначити економічний ефект, отриманий в результаті впровадження досліджень магістерської роботи;
- розрахувати приріст прибутку;
- зробити висновки, внести пропозиції по поліпшенню експлуатації судна згідно з темою чи предметом дослідження магістерської роботи.

6.2. Розрахунок якісних та кількісних експлуатаційно-економічних 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 плавальних і переддипломній практиці, а також інших довідкових матеріалів, прейскурантів, тарифів та ін. В табл. 6.1 представлені початкові дані для розрахунку рейсу судна “China Pride” з порту Сан-Ніколас в порт Тяньцзінь.

Таблиця 6.1 – Початкові дані для розрахунку рейсу судна “China Pride”

№	Найменування показників	Умовні позначення	Одиниці вимірювання	Значення
1	Дедвейт т/х “China Pride”	Dw	тон	179 885,31
2	Запаси на початок рейсу	Gp	тон	2256,76
3	Відстань між портами	L	милі	10 151,8
4	Кількість вантажу «iron ore lumps»	ΣQ_T	тон	176 400
5	Норми навантаження	M _{ван}	т/доб.	84 000
6	Норми вивантаження	M _{вив}	т/доб.	180 000
7	Експлуатаційна швидкість	V	вузли	12
8	Швидкість в каналах	v	вузли	7
9	Добова витрата палива на ходу	q_x^E	т/доб.	47,2
10	Добова витрата палива на стоянці	$q_{ст}^L$	т/доб.	6,0
11	Ціна 1 тони палива: важке легке	Цв	\$/т	430
		Цл	\$/т	570
12	Балансова вартість судна	C _{бал}	тис.\$	57 550
13	Річна норма амортизації	H _а	%	12
14	Чисельність екіпажу	Чек	чол.	22
15	Час затримки в дорозі	T _{зат}	годин	0,1
16	Додатковий час в портах стоянки	T _{дод}	діб	0,25
17	Заробітна платня	R _{зп}	\$/доб.	2811,36
18	Витрати на технічне постачання	R _{т.пос}	\$/доб.	550
19	Навігаційні витрати	R _{нав}	\$/доб.	420
20	Портові збори	R _п	\$	51 500
21	Агентування судна	R _{аг}	\$/доб.	250
22	Витрати на страхування судна	R _{стр}	\$/доб.	400
23	Витрати на ремонт	C _{рем}	\$/мр.п.	1 500 000
24	Вартість одного докування	C _{док}	\$	200 000

1. Розраховуємо чисту вантажопідйомність судна (6.1):

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

$$D_{\text{ч}} = 179\,885,31 - 2256,76 - 723,1 = 176\,905,45 \text{ т}$$

2. Розраховуємо експлуатаційний період роботи судна за формулою (6.2):

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

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

де $T_{\text{к}}$ – календарний період, приймаємо 365 діб;

$T_{\text{ве}}$ – позаексплуатаційний період.

3. Розраховуємо час рейсу (6.3):

а) ходовий час розраховуємо за формулою:

$$t_{\text{х}} = \frac{L}{24 \cdot V} + t_{\text{заг}}, \quad (6.3)$$

$$t_{\text{х}} = \frac{10151.8}{24 \cdot 12} + 0.1 = 35,4 \text{ діб}$$

б) стоянковий час розраховуємо за формулою:

$$t_{\text{ст}} = (\sum Q/M_{\text{ван}}) + (\sum Q/M_{\text{вив}}) + t_{\text{доп}}, \quad (6.4)$$

$$t_{\text{ст}} = (176\,400 / 84\,000) + (176\,400 / 180\,000) + 0,25 = 3,3 \text{ діб}$$

в) час рейсу складе:

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

$$t_{\text{р}} = 3,3 + 35,4 = 38,7 \text{ діб}$$

4. Розраховуємо провізну спроможність судна:

а) зроблено тонно-милі:

$$\sum Q \cdot L = 176 \cdot 400 \cdot 10\,151,8 = 1\,790\,777\,520 \text{ тонно-милі/рейс} \quad (6.6)$$

б) зроблено тоннаже-милі:

$$\sum D_{\text{ч}} \cdot L = 176\,905,45 \cdot 10\,151,8 = 1\,795\,909\,254,9 \text{ тоннаже-милі/рейс} \quad (6.7)$$

5. Розраховуємо доходи судна за рейс (\$/рейс) за формулою (6.8):

$$\begin{aligned} \sum F_{\text{рейс}} &= \sum Q \cdot f, \\ \sum F_{\text{рейс}} &= 176\,400 \cdot 30 = 5\,292\,000 \$ \end{aligned} \quad (6.8)$$

де f – фрахтова ставка (ціна перевезення за 1 т вантажу).

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

1) Постійні експлуатаційні витрати судна за добу за формулою (6.9):

$$\begin{aligned} R_{\text{екс.}} &= R_{\text{зп}} + R_{\text{пит}} + R_{\text{рем}} + R_{\text{ам}} + R_{\text{т.пос}} + R_{\text{нав}} + R_{\text{п}} / t_{\text{р}} + R_{\text{аг}} + R_{\text{стр}}, \quad (6.9) \\ R_{\text{екс}} &= 2811,36 + 187 + 318,37 + 550 + 420 + 51\,500 / 38,7 + 250 + 400 \\ &\quad + 19\,731,43 = 25\,639,6 \$ / \text{доба} \end{aligned}$$

де $R_{\text{зп}}$ – витрати на заробітну платню, \$/доб;

$R_{\text{пит}}$ – витрати на харчування екіпажу розраховуємо за формулою (6.10):

$$\begin{aligned} R_{\text{пит}} &= \text{Чек} \cdot \text{Ппит}, \quad (6.10) \\ R_{\text{пит}} &= 22 \cdot 8,5 = 187 \$ / \text{доб} \end{aligned}$$

де Ппит – норма харчування на одного члена екіпажу, \$/доб на 1 особу

Ррем – витрати на ремонт, розраховуємо за формулою (6.11):

$$R_{\text{рем}}^{\text{діб}} = \frac{(n_{\text{док}} \cdot C_{\text{док}} + C_{\text{рем}})}{t_{\text{мп}} \cdot \text{Текс}}, \quad (6.11)$$
$$R_{\text{рем}}^{\text{діб}} = \frac{(0,3 \cdot 200\,000 + 1\,500\,000)}{350 \cdot 14} = 318,37 \text{ \$ / доба}$$

Рам – витрати на амортизацію розраховуємо за формулою (6.12):

$$R_{\text{ам}} = \frac{C_{\text{бал}} \cdot N_{\text{а}}}{\text{Тек} \cdot 100}, \quad (6.12)$$
$$R_{\text{ам}} = \frac{57\,550\,000 \cdot 12}{350 \cdot 100} = 19\,731,43 \text{ \$ / доба}$$

Рт.пос – витрати на технічне постачання, 550 \$ / доба

Рнав – навігаційні витрати, 420 \$ / доба

Рп – портові збори, 51 500 \$ / рейс

Раг – витрати з агентування, 250 \$ / доба

Рстр – витрати на страхування, 400 \$ / доба

2) Розраховуємо непрямі (адміністративно-управлінські) за формулою (6.13):

$$R_{\text{кос}} = R_{\text{екс}} \cdot \text{Кад}, \text{ \$ / доба} \quad (6.13)$$
$$R_{\text{кос}} = 25\,639,6 \cdot 0,02 = 512,8 \text{ \$ / доба}$$

де кад – коефіцієнт на адміністративно-управлінський апарат (від суми постійних експлуатаційних витрат судна), приймаємо 2%.

3) Знаходимо загальні постійні експлуатаційні витрати судна за добу за формулою (6.14):

$$R_{\text{общ}} = R_{\text{екс}} + R_{\text{кос}}, \quad (6.14)$$
$$R_{\text{общ}} = 25\,639,6 + 512,8 = 26\,152,4 \text{ \$ / доба}$$

4) Знаходимо загальні постійні експлуатаційні витрати судна за рейс за формулою (6.15):

$$\sum R_{\text{общ. экс}} = R_{\text{общ}} \cdot T_p, \quad (6.15)$$

$$\sum R_{\text{общ. Экс}} = 26\,152,4 \cdot 38,7 = 1\,011\,574,8 \text{ \$ / рейс}$$

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

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

$$R_x^T = k_{\text{см}} \cdot q_x \cdot Ц_{\text{в}}, \quad (6.16)$$

$$R_x^T = 1,05 \cdot 47,2 \cdot 430 = 21\,310,8 \text{ \$ / доба}$$

$$R_{\text{стт}} = k_{\text{см}} \cdot q_{\text{ст}} \cdot Ц_{\text{л}}, \quad (6.17)$$

$$R_{\text{стт}} = 1,05 \cdot 6,0 \cdot 570 = 3591 \text{ \$ / доба}$$

б) змінні витрати за рейс знаходимо за формулою (6.18):

$$R_{\text{пер}} = (R_{\text{хт}} \cdot t_{\text{х}}) + (R_{\text{стт}} \cdot t_{\text{ст}}), \quad (6.18)$$

$$\sum R_{\text{пер}} = (21\,310,8 \cdot 35,4) + (3591 \cdot 3,3) = 765\,294,81 \text{ \$ / рейс}$$

7) Знаходимо загальні витрати судна за рейс за формулою (6.19):

$$\text{рейс} = \sum R_{\text{общ. экс}} + \sum R_{\text{пер}}, \quad (6.19)$$

$$\sum R_{\text{рейс}} = 1\,011\,574,8 + 765\,294,81 = 1\,776\,869,61 \text{ \$ / рейс}$$

8) Знаходимо прибуток судна за рейс за формулою (6.20):

$$\sum \text{Прейс} = \sum F_{\text{рейс}} - \sum R_{\text{рейс}}, \quad (6.20)$$

$$\sum \text{Прейс} = 5\,292\,000 - 1\,776\,869,61 = 3\,515\,130,39 \text{ \$}$$

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

1. Знаходимо коефіцієнт використання календарного періоду за формулою (6.21):

$$K_e = \frac{T_{\text{екс}}}{T_k}, \quad (6.21)$$
$$K_e = 350 / 365 = 0,959$$

2. Знаходимо коефіцієнт завантаження судна за формулою (6.22):

$$\alpha_z = \frac{\sum Q}{\sum D_{\text{ч}}}, \quad (6.22)$$
$$\alpha_z = 176\,400,0 / 179\,885,31 = 0,98$$

3. Знаходимо середньодобову експлуатаційну швидкість за формулою (6.23):

$$V_{\text{ср.}} = \frac{L}{t_x \cdot 24}, \quad (6.23)$$
$$V_{\text{ср.}} = 10151,8 / (35,4 \cdot 24) = 11,97 \text{ вузлів}$$

4. Коефіцієнт ходового часу знаходимо за формулою (6.24):

$$\varepsilon_x = \frac{t_x}{t_p}, \quad (6.24)$$
$$\varepsilon_x = 35,4 / 38,7 = 0,91$$

5. Продуктивність однієї тони вантажопідйомності судна в добу експлуатації знаходимо за формулою (6.25):

$$\mu_B = \alpha_z \cdot V_{\text{ср.}} \cdot \varepsilon_x, \quad (6.25)$$

$$\mu_{\text{в}} = 0,98 \cdot 11,97 \cdot 0,91 = 10,7$$

6. Валова прибутковість одних судно-діб знаходимо за формулою (6.26):

$$\mu = \sum F_{\text{рейс}} / t_p, \quad (6.26)$$

$$\mu = 5\,292\,000 / 38,7 = 136\,744,19 \text{ \$ / доба}$$

7. Рівень дохідності являє відношення доходів до витрат:

$$РД = \sum F_{\text{рейс}} / \sum R_{\text{рейс}}, \quad (6.27)$$

$$РД = 5\,292\,000 / 1\,776\,869,61 = 2,98$$

$$РД > 1 \text{ – рейс прибутковий}$$

8. Прибуток (чистий прибуток = прибуток – податки 25% на прибуток) судна за рейс:

$$\Sigma \text{Прейс} = \Sigma \text{Прейс} - \Sigma N_{\text{под}} = \Sigma F_{\text{рейс}} \cdot (1 - 0,25), \quad (6.28)$$

$$\Sigma \text{Прейс} = 3\,515\,130,39 \cdot 0,75 = 2\,636\,347,79 \text{ \$}$$

9. Собівартість перевезення однієї тонни вантажу в рейсі знаходимо за формулою (6.29):

$$S_T = \Sigma R_{\text{рейс}} / \Sigma Q, \quad (6.29)$$

$$S_T = 1\,776\,869,61 / 176\,400 = 10,1 \text{ \$ / т}$$

10. Собівартість 1 тонно-милі в рейсі знаходимо за формулою (6.30):

$$S_{T-м} = \Sigma R_{\text{рейс}} / \Sigma Q_l, \quad (6.30)$$

$$S_{T-м} = 1\,776\,869,61 / (176\,400 \cdot 10\,151,8) = 0,001 \text{ \$}$$

11. Собівартість утримання судна в добу експлуатації знаходимо

за формулою (6.31):

$$S_{c-c} = \Sigma R_{\text{рейс}} / t_p , \quad (6.31)$$

$$S_{c-c} = 1\,776\,869,61 / 38,7 = 45\,937,7 \$$$

6.4. Прогнозування роботи судна за експлуатаційний період

1. Число рейсів за експлуатаційний період за формулою (6.32):

$$\text{Ч}_p = T_{\text{екс}} / t_p , \quad (6.32)$$

$$\text{Ч}_p = 350 / 38,7 = 9 \text{ рейсів}$$

2. Обсяг перевезеного вантажу за експлуатаційний період знаходимо за формулою (6.33):

$$\Sigma Q_{\text{екс}} = \Sigma Q \cdot \text{Ч}_p , \quad (6.33)$$

$$\Sigma Q_{\text{екс}} = 176\,400 \cdot 9 = 1\,587\,600 \text{ т}$$

3. Обсяг транспортної роботи за експлуатаційний період знаходимо за формулою (6.34):

$$\Sigma Q_{\text{лекс}} = \Sigma Q \cdot L \cdot \text{Ч}_p , \quad (6.34)$$

$$\Sigma Q_{\text{лекс}} = 176\,400 \cdot 10\,151,8 \cdot 9 = 16\,116\,997\,680$$

4. Дохід за експлуатаційний період знаходимо за формулою (6.35):

$$\Sigma F_{\text{екс}} = \Sigma F_{\text{рейс}} \cdot \text{Ч}_p , \quad (6.35)$$

$$\sum F_{\text{екс}} = 5\,292\,000 \cdot 9 = 47\,628\,000 \$$$

5. Загальні витрати судна за експлуатаційний період знаходимо за формулою (6.36):

$$\sum R_{\text{екс}} = R_{\text{рейс}} \cdot Ч_{\text{р}} , \quad (6.36)$$

$$\sum R_{\text{екс}} = 1\,776\,869,61 \cdot 9 = 15\,991\,826,5 \$$$

6. Прибуток судна за експлуатаційний період знаходимо за формулою (6.37):

$$\sum \Pi = \Pi_{\text{р}} \cdot Ч_{\text{р}} , \quad (6.37)$$

$$\sum \Pi = 2\,636\,347,79 \cdot 9 = 23\,727\,130,11 \$$$

7. Рівень прибутковості роботи судна за експлуатаційний період знаходимо за формулою (6.38):

$$\sum РД = \sum F_{\text{екс}} / \sum R_{\text{екс}} , \quad (6.38)$$

$$\sum РД = 47\,628\,000 / 15\,991\,826,5 = 2,98$$

6.5. Оцінка ефективності виконаного рейсу і роботи судна за експлуатаційний період

Усі кількісні та якісні показники виконаного рейсу містяться в табл. 6.2 , що розташовано нижче. містить усі розраховані показники. Її дані дають нам змогу виконати аналіз роботи судна в рейсі.

Таблиця 6.2 – Кількісні і якісні показники виконаного рейсу

№	Найменування показників	Умовні позначення	Одиниці вимірювання	Значення
1	Експлуатаційний період	Te	діб	350
2	Відстань пройдена судном в рейсі	L,	милі	10 151,8
3	Перевезено вантажів	ΣQ	т	176 400
4	Судно-діб в рейсі: ходу стоянці	tp	діб	38,7
		tx	діб	35,4
		tct	діб	33,3
5	Валовий дохід	F	\$	47 628 000
6	Затрати загальні	R	\$	15 991 826,5
7	Прибуток	П	\$	23 727 130,1
8	Коефіцієнт ходового часу	ϵ_x		0,91
9	Середньодобова експлуатаційна швидкість	Vcp	милі / добу	11,97
10	Дохідність судна	M'в	\$ / добу	136 744,19
11	Рівень дохідності	PF		2,98
12	Собівартість перевезення 1 т вантажу	St	\$ / т	10,1
13	Собівартість 1 т-милі	St-м	\$ / т-м	0,001
14	Собівартість утримання судна за добу	Sc-с	\$ / добу	45 937,7

Оцінка ефективності виконання рейсу и роботи судна за експлуатаційний період.

Аналіз роботи судна за результатами виконання рейсу, протяжність якого складає 10151,8 миль, довів прибутковість таких перевезень, оскільки рівень дохідності склав 2,98.

Чистий прибуток за експлуатаційний період склав 23 727 130,1 \$. Однак виконаний розрахунок не враховує витрати на подолання шляху до порту завантаження, і в разі залучення судна до довгострокових чартерів для здійснення рейсів з порту Сан-Ніколас в порт Тяньцзінь, баластний перехід до порту завантаження є неприпустимим, оскільки в такому випадку експлуатація судна стане збитковою. Необхідно використовувати можливість перевезення вантажів на шляху до порту завантаження Сан-Ніколас, наприклад, після вивантаження в порту Тяньцзінь залучати судно до транспортування вугілля з північно-східних портів континенту до Мексики, а згодом прямувати до порту завантаження Сан-Ніколас. Таким чином трансокеанський перехід через Тихий океан буде окупуватися, загалом це дозволить здійснювати регулярні перевезення з порту Сан-Ніколас до порту Тяньцзінь.

На прибутковість перевезення найбільше впливає рівень фрахтових ставок та ціна на важке паливо. Тому для оцінки доцільності укладання довгострокових чартерів на здійснення таких рейсів потрібно ретельно вивчати динаміку фрахтового ринку балкерів та прогнозувати можливі спади чи підйоми.

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)

Вантажне судно «BALTIC PILGRIM» стоїть на якорі в районі зовнішнього рейду порту Дуррес (Албанія). Отримано повідомлення про терористичний акт на території перевантажувального комплексу для контейнерів. У результаті вибуху з пошкодженого контейнера-цистерни вилилося 8 т зрідженого хлору, що є сильнотоксичною отруйною речовиною (СДОР). Характер розливу – «вільно». На території порту оголошена терористична загроза. Метеорологічні умови на момент аварії: час доби – день, 15.00, температура повітря 0 °С, швидкість вітру 6 м/с, вітер – зустрічний, суцільна хмарність. Відстань від судна до місця аварії – 4 км. Місцевість відкрита, характер – водна поверхня.

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

Запропонувати заходи щодо зменшення можливих втрат серед екіпажу та пасажирів судна.

Визначити стандартні робочі процедури при отриманні повідомлення про виявлення на території портової споруди, що взаємодіє із судном, вибухового пристрою.

7.2. Оцінка масштабів хімічного зараження території

Виконання розрахунків ведеться за допомогою формул і таблиць, наведених у Методиці прогнозування наслідків надзвичайних ситуацій на

об'єктах морського транспорту (Додаток 1 до «Методичних вказівок по виконанню розділу дипломної роботи «Охоронні заходи і цивільна оборона на судні»).

7.2.1. Визначення ступеня вертикальної стійкості повітря

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

2) Розрахунок еквівалентної кількості СДОР у первинній хмарі

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

Таблиця 7.1 – Визначення ступеня вертикальної стійкості повітря за прогнозом погоди

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

7.2.2. Розрахунок еквівалентної кількості СДОР у первинній хмарі

Розраховуємо еквівалентну кількість Q_{91} (т) хлору в первинній хмарі:

$$Q_{91} = K_1 \cdot K_3 \cdot K_5 \cdot K_7^1 \cdot Q_0 = 0,18 \cdot 1 \cdot 0,23 \cdot 0,6 \cdot 8 = 0,2 \text{ т,}$$

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

$K_3 = 1$ – коефіцієнт (табл. 7.2);

Таблиця 7.2 – Характеристики СДОР і значення допоміжних коефіцієнтів

Найменування СДОР	Щільність СДОР, т/ м³		Температура кипіння, °С	Порогова токсодоза, мг·хв/л	Значення допоміжних коефіцієнтів							
					К ₁	К ₂	К ₃	К ₇ для температури повітря (°С)				
								- 40	-20	0	20	40
Хлор	-	1,558	- 34,1	0,6	0,18	0,052	1,0	<u>0</u> 0,9	<u>0,3</u> 1	<u>0,6</u> 1	<u>1</u> 1	<u>1,4</u> 1

Примітка. У таблиці наведені значення K₇у чисельнику - K₇^I (для первинної хмари), у знаменнику - K₇^{II} (для вторинної хмари).

K₅ = 0,23 – коефіцієнт, який враховує ступень вертикальної стійкості повітря для ізотермії (п. 3.2. Методики прогнозування наслідків надзвичайних ситуацій на об'єктах морського транспорту);

K₇^I = 0,6 – коефіцієнт, що враховує вплив температури навколишнього повітря на швидкість утворення первинної хмари (табл. 7.2);

Q₀ = 8 – кількість хлору, що розлився при аварії, т.

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

Площа розливу S_p (м²) хлору дорівнює:

$$S_p = V_p/h = Q_0 / \rho/h = 8 / 1,558 / 0,05 = 103 \text{ м}^2,$$

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

$\rho = 1,558$ – щільність хлору, т/м³ (табл. 6.2);

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

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

Розраховуємо тривалість вражаючої дії T (год.) хлору:

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

де $K_2 = 0,052$ – коефіцієнт, що залежить від фізико-хімічних властивостей хлору (табл. 6.2);

$K_4 = 2,67$ – коефіцієнт, що враховує швидкість вітру (табл. 6.3);

$K_7^{\text{II}} = 1$ – коефіцієнт, що враховує вплив температури навколишнього повітря на швидкість утворення вторинної хмари (табл. 6.2);

$K_m = 1$ – коефіцієнт, що враховує вплив місцевості на швидкість поширення хмари хлору (табл. 6.4);

$v_{\text{п}} = 35$ – швидкість перенесення переднього фронту зараженого повітря, км/год. (табл. 6.5).

Таблиця 7.3 – Значення коефіцієнту K_4 залежно від швидкості вітру

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

Таблиця 7.4 – Значення коефіцієнту K_m залежно від впливу характеру місцевості

Рельєф місцевості, вид рослинності і забудови	Вертикальна стійкість повітря		
	конвекція	ізотермія	інверсія
Водна поверхня, відкрита місцевість	1	1	1
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 хлору Q_{32} (т) у вторинній хмарі:

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

$$0,82 \cdot 0,052 \cdot 1 \cdot 2,67 \cdot 0,23 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 8 / (0,05 \cdot 1,558) = 2,69 \text{ т},$$

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

7.2.4. Визначення глибини і площі зони зараження

Глибину зони зараження первинною (вторинною) хмарию СДОР при аваріях на технологічних ємностях, сховищах і транспорті визначаємо за допомогою таблиці 6.6.

Таблиця 7.6 – Глибина (км) зони зараження

Швидкість вітру, м/с	Еквівалентна кількість СДОР, т								
	0,01	0,05	0,1	0,5	1	3	5	10	20
1 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
4	0,19	0,42	0,59	1,33	1,88	3,28	4,36	6,46	9,62
6	0,15	0,34	0,48	1,09	1,53	2,66	3,43	4,88	7,20

Для $Q_{31} = 0,2$ т та швидкості вітру $u = 6$ м/с визначаємо глибину зони зараження первинною хмарою хлору: $\Gamma_1 = 0,63$ км.

Для $Q_{32} = 2,69$ т та швидкості вітру $u = 6$ м/с визначаємо глибину зони зараження вторинною хмарою хлору: $\Gamma_2 = 2,48$ км.

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

$$\Gamma_{\Sigma} = \Gamma' + 0,5 \cdot \Gamma'' = 2,48 + 0,5 \cdot 0,63 = 2,8 \text{ км},$$

де Γ' – найбільший,

Γ'' – найменший з розмірів Γ_1 і Γ_2 .

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

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

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

$$\Gamma = \min \left\{ \begin{matrix} \Gamma_{\Sigma} \\ \Gamma_{\Pi} \end{matrix} \right\} = 2,8 \text{ км}.$$

Визначаємо площу зони можливого зараження S_v (км²) хмарою хлору:

$$S_v = \pi \cdot \Gamma^2 \cdot \varphi / 360^0 = 3,14 \cdot 2,8^2 \cdot 45^0 / 360^0 = 3,08 \text{ км}^2,$$

де $\Gamma = 2,8$ – розрахункова глибина зони зараження, км;

$\varphi = 45^0$ – кутовий розмір зони зараження, град (табл. 7.7).

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

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

Визначаємо площу зони фактичного зараження S_{φ} (км²):

$$S_{\varphi} = K_8 \cdot \Gamma^2 \cdot N^{0,2} = 0,133 \cdot 2,8^2 \cdot 1^{0,2} = 1,04 \text{ км}^2,$$

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).

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

Територія можливого хімічного зараження представляє собою сектор, що має кутовий розмір $\varphi = 45^\circ$ (табл. 7.7) і радіус, який дорівнює значенню розрахунковій глибині зони зараження $\Gamma = 2,8$ км. Вершина сектору співпадає з джерелом зараження - місцем розливу хлору.

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

Розраховуємо глибину зони смертельних уражень Γ_l (км):

$$\Gamma_l = \lambda \cdot K_M \cdot \left(\frac{Q_3}{D_l}\right)^{\Psi} = 1,20 \cdot 1 \cdot \left(\frac{2,71}{6}\right)^{0,537} = 0,78 \text{ км},$$

де: $\lambda = 1,20$; $\Psi = 0,537$ – коефіцієнти, що залежать від швидкості вітру (таблиця 6.8);

$Q_3 = Q_{31} + Q_{32} = 0,2 + 2,69 = 2,71$ – загальна еквівалентна кількість СДОР, що перейшла в первинну і вторинну хмару, т;

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

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

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

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

$$\Gamma_{0,4t} = \lambda \cdot K_M \cdot \left(\frac{Q_3}{D_{0,4t}} \right)^\psi = 1,20 \cdot 1 \cdot \left(\frac{2,71}{2,4} \right)^{0,537} = 1,2 \text{ км},$$

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

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

$$\Gamma_{0,2t} = \lambda \cdot K_M \cdot \left(\frac{Q_3}{D_{0,2t}} \right)^\psi = 1,20 \cdot 1 \cdot \left(\frac{2,71}{1,2} \right)^{0,537} = 1,86 \text{ км},$$

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

Глибина зони легких уражень відповідає значенню розрахунковій глибині зони зараження $\Gamma = 2,8$ км.

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

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

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

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

7.3. Висновки і рекомендовані заходи для зменшення людських втрат

В результаті проведеної оцінки масштабів хімічного зараження встановлено, що судно «BALTIC PILGRIM» знаходиться на безпечній відстані від місця аварії (глибина зони ураження – 2,8 км, відстань від судна «BALTIC PILGRIM» до місця аварії становить 4 км).

Для уникнення можливих втрат серед екіпажу судна пропонуються наступні заходи:

- зв'язатися з аварійними службами порту для отримання оперативної інформації про розвиток аварії, узгодити питання щодо доцільності відходу судна від місця якорної стоянки подалі від берега на період аварійної ситуації в порту;
- забезпечити контроль за тим, щоб члени екіпажу без потреби тимчасово не виходили на відкриту палубу;
- підготуватися до надання першої медичної допомоги.

7.4. Стандартні робочі процедури при отриманні повідомлення про виявлення на території портової споруди вибухового пристрою

Розподіл відповідальності членів екіпажу за виконання дій, які повинні бути зроблені у разі отримання попередження про загрозу вибуху на території портової споруди, що взаємодіє із судном, наведений в таблиці 7.9 і може бути використаний в якості чек-листа.

Перелік і порядок дій для всіх рівнів охорони (1, 2, 3) жодним чином не обмежує капітана в прийнятті інших рішень, якщо він вважатиме їх більш ефективними в конкретних умовах. Капітан уповноважений приймати будь-які рішення, якщо вони спрямовані на порятунок судна, пасажирів та екіпажу, збереження вантажу.

Таблиця 7.9. Заходи, які повинні бути прийняті у разі отримання повідомлення про виявлення на території портової споруди вибухового пристрою

№ п/п	Дії, які повинні бути виконані	Відповідальний член екіпажу
1	Записати докладно попередження про загрозу вибуху. Негайно доповісти капітану і ОКС. Поки триває стан надзвичайної ситуації, у судновому журналі відображати всі заходи по забезпеченню безпеки	Вахтовий помічник
2	Оголосити загальносуднову тривогу, провести герметизацію корпусу судна, засоби боротьби з водою і пожежею привести у негайну готовність	Капітан
3	Оповістити екіпаж судна	Вахтовий помічник
4	Зв'язатися з посадовою особою портового засобу, відповідальною за охорону. Повідомити про ситуацію посадову особу компанії, відповідальну за охорону. Всі подальші дії здійснювати у контакті з цими особами.	Особа командного складу, відповідальна за охорону судна
5	Аварійну партію привести в готовність №1	Старший помічник

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

Якщо предмет виявлений, коли судно знаходиться в морі, рішення капітана має ґрунтуватися на розмірах і місці його розташування, часу і позиції

судна, необхідному для отримання допомоги від спецслужб. Наступні заходи варто вжити:

- необхідність евакуації зони вище і нижче місця розташування вибухового пристрою;
- інформування компанії і відповідних властей;
- відкриття дверей і бортових портів, щоб мінімізувати початкові пошкодження;
- необхідність спорудження запобіжної системи (з матраців або мішків з піском) навколо пристрою, щоб пом'якшити удар;
- дотримання інструкцій берегових властей і компанії;
- встановити найближчий безпечний порт і змінити курс;
- проінструктувати всіх на борту про необхідність триматися подалі від дверей, люків та інших отворів, що ведуть з приміщення, де знаходиться вибуховий пристрій, щоб уникнути можливого ураження при вибуху.

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

ВИСНОВКИ

Представлена магістерська робота виконана на тему «Комплексне опрацювання рейсу судна “China Pride” за маршрутом Сан-Ніколас – Тяньцзінь.

Метою даної роботи було ретельне і докладне вивчення особливостей, опрацювання рейсу на всіх етапах планування та безпосередньо його проведення, а також виконання науково-дослідницького розділу з розробкою заходів щодо забезпечення безпечного перевезення навалювальних вантажів та використання експлуатаційних переваг балкерів нових типів. Особливу увагу при плануванні та опрацюванні приділялося безпеці плавання, економічності та охорони навколишнього середовища.

Після вивчення технічних і експлуатаційних характеристик судна почалося навігаційне планування рейсу. Проаналізувавши оброблену інформацію та виконані розрахунки, на всьому маршруті рейсу буде дотримуватися безпека мореплавства. Рейс мені знайомий, на судах, однотипних з судном “China Pride”, автор роботи працював в 2023-2024 роках. Відстань маршруту склала 10152 морські милі.

Під час рейсу був перевезений вантаж руди загальною вагою 176400 тон. Для цього було розраховано кількість запасів і чистої вантажопідйомності, вироблено вивчення транспортних характеристик вантажу, розглянуті питання підготовки вантажних приміщень для прийому вантажу і порядок документування і збереженій перевезення вантажу на судні на всьому протязі рейсу.

Після цього було опрацьовано розміщення вантажу і запасів на судні, при цьому контролюючи і дотримуючись усіх вимог щодо посадки, остійності і міцності корпусу, про що свідчать наведені розрахунки і графіки діаграм остійності. Для наочного уявлення був складений вантажний план судна.

В науково-дослідницькому розділі ми дослідили питання безпечного перевезення навалювальних вантажів. Для цього ретельно проаналізували

розрахунки по забезпеченню безпеки та рекомендували найважливіші для використання на практиці.

Врахування людського фактору стосується розподілу загальної кількості посадок суден на мілину в залежності від часу доби. Показано, що головне значення для безпеки судна також має забезпечення загальної поздовжньої міцності, оскільки її порушення може призвести до розлому корпусу та загибелі судна. Побудовано діаграми дії розрахункових і допустимих сил, що перерізують, і згинальних моментів, а також комп'ютерний варіант цих побудов для балкера типу «Панамакс». Враховуючи, що такі розрахунки дуже трудомісткі, вироблено рекомендації щодо використання сучасних комп'ютерних програм. Розроблена і доведена принципова схема планування завантаження балкера з їх використанням. Також розглянуто нові типи балкерів останніх поколінь. Покращення методичних основ їх експлуатації теж приведе до підвищення рівня безпеки перевезень навалювальних вантажів, а також до збільшення рівня дохідності при її експлуатації.

В результаті проведених економічних розрахунків, слід зазначити, що виконаний рейс є прибутковим. Рівень дохідності 2,98, за експлуатаційний період прибуток склав 2.327.130 доларів США. Зроблено висновок, що судно «Parapola» доцільно використовувати на даній лінії.

Підводячи підсумок, можна сказати, що даний рейс був ретельно опрацьований, завчасно і належним чином спланований, забезпечений всією необхідною документацією, посібниками та розрахунками. Вся викладена інформація, результати розрахунків, представлені рисунки і графіки виконані згідно основних вимог і відповідають їм. Даний рейс є безпечним і економічно вигідним.

Основні результати виконаного дослідження, в якому враховано сучасні тенденції щодо експлуатації сучасного балкерного флоту, можливі для упровадження в навчальний процес студентів та курсантів морських навчальних закладів, а також для використання компаніями, експлуатуючими балкерні судна.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Методичні вказівки для виконання магістерської роботи / Укл. І.І. Ворохобін та ін. – Одеса: НУ «ОМА», 2019. – 104 с.
2. Bridge Procedures Guide, 5th Edition, [Електронний ресурс]. – Режим доступу :<https://tstarmet.com/wp-content/uploads/2019/08/Bridge-Procedures-Guide>.
3. International Convention for the Prevention of Pollution from Ships (MARPOL 73).
4. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.mar.ist.utl.pt/mventura/Projecto-Navios-I/IMO-Conventions%20%28copies%29/MARPOL.pdf>.
5. Конвенция и кодекс по подготовке и дипломированию моряков и несению вахты (ПДМНВ-78/95) – International Convention on Standards of Training, Certification and Watch keeping for Seafarers, 1978/95 (STCW-78/95) / Манильские поправки. – Одесса: Негоциант, 2010. – 96 с.
6. Bridge Team Management, IMO, 2000 (BTM).
7. Admiralty Digital Catalogue NP 131/ The United Kingdom Hydrographic Office /2018.
8. Admiralty Digital Radio Signals 1,3,4,5; 2; 6 / The United Kingdom Hydrographic Office /2018.
9. Admiralty Sailing Directions NP 7: South America Pilot Vol. III 13th edition/ The United Kingdom Hydrographic Office/ 2018.
10. Admiralty Sailing Directions NP 8: Pacific Coasts of Central America and United States Pilot, 14th edition / The United Kingdom Hydrographic Office / 2016.
11. Admiralty Sailing Directions NP 62: Pacific Islands Pilot Vol. III, 14th edition/ The United Kingdom Hydrographic Office / 2016.
12. Admiralty Sailing Directions NP 42A: Japan Pilot Vol. II, 11th edition, / The United Kingdom Hydrographic Office / 2017.

13. Admiralty Sailing Directions NP 42B: Japan Pilot Vol. III, 11th edition / The United Kingdom Hydrographic Office / 2016.
14. Admiralty Sailing Directions NP 42C: Japan Pilot Vol. IV, 5th edition/ The United Kingdom Hydrographic Office / 2016.
15. Admiralty Sailing Directions NP 32B: China Sea Pilot, Vol. III / 10th edition / The United Kingdom Hydrographic Office
16. Admiralty Digital Mariner's Handbook NP 100 / The United Kingdom Hydrographic Office / 2018.
17. Admiralty Digital List of Lights & Fog Signals The United Kingdom Hydrographic Office / 2018.
18. International Maritime Solid Bulk Cargoes Code (IMSBC Code) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://www.mlit.go.jp/ common/001249851.pdf](https://www.mlit.go.jp/common/001249851.pdf)
19. Атлас океанов. Тихий океан . М.: Главное управление навигации и океанографии Министерства обороны СССР, 1974. — 288 с.
20. Таблицы морских расстояний. – М.: ЦРИА «Морфлот», 3 кн. – 1981.
21. Николаева Л. Л. Коммерческая эксплуатация судна: Учебник – О.: Фенікс, 2006. – 754 с.
22. Справочник капитана дальнего плавания. М.: Транспорт, 1988. – 241 с.
23. Алексішин В.Г., Долгочуб В.Т., Белов О.В. Практическое судовождение // Одесская национальная морская академія. – 2-е изд., испр. и доп. – О: Фенікс, 2006. – 376 с.
24. Ocean Passages for the World NP 136 / The United Kingdom Hydrographic Office / 2018.
25. The Nautical Almanac 2018 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://thenauticalalmanac.com/2018%20Nautical%20Almanac.pdf>
26. Admiralty Digital publication: Admiralty Total Tide The United Kingdom Hydrographic Office / 2018.

27. International Convention for the Safety of Life at Sea (SOLAS 74) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ifrc.org/docs/idrl/I456EN.pdf>.

28. International Maritime Dangerous Goods Code (IMDG Code) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.imo.org/en/Publications/Documents/IMDG%20Code/IMDG%20Code,%202018%20Edition/IL200E.PDF>

29. Code of Practice for the Safe Loading and Unloading of Bulk (BLU Code) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://deckofficer.ru/titul/resolutions/item/blu-code>.

30. Thomas Stowage: The Properties and Stowage of Cargoes [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://seatracker.ru/viewtopic.php?t=4290>.

31. Кучер Ю.П. Устройство судна / Ю.П. Кучер, В.К. Рябченко В.К. – Одесса: Феникс, 2004. – 126 с.

32. Справочник по теории корабля. В 3-х томах: [под ред. Войкутинского Я.И.]. М.: Транспорт, 1985. – 440 с.

33. Аксютин Л.Р. Грузовой план судна / Л.Р. Аксютин. – Одесса, Феникс, 1996. – 144 с.

34. Топалов В.П. Организация и нормативное обеспечение охраны судна / В.П. Топалов, В.Г. Торский . – Одесса: Астропринт, 2009. – 164 с.

35. Методические указания по выполнению раздела дипломной работы «Охранные мероприятия и гражданская оборона на судне». Специальность 7.07010402 (8.07010402) «Судовождение» / В.Б. Терновский – Одесса: ОНМА, 2015.- 69 с.

36. Сизов В.Г. Теория корабля: Учебник. Издание 4-е., переработанное и дополненное. – Одесса: Фенікс, 2008. – 464 с.

37. Интернет ресурс: <https://www2.deloitte.com/ua/uk/pages/press-room/expert/infrastructure-interview-port-trends.html>

38. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://bulkcarrierguide.com/self-unloaders-preparations-for-loading.html>

39. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.atsb.gov.au%2Fpublications%2Finvestigation_reports%2F2018%2Fmair%2F346-mo-2018
40. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%>
41. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://deltamarin.com/references/sul-panamax-bulk-carrier/>
42. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.marinetraffic.com/>
43. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.marinetraffic.com/r/ais/details/ships/ship:368602/mmsi:308271000/imo:8110681/vessel:AMSTERDAM>
44. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://docs.yasinskiy.net/books/others/Bulk_Carrier_Practice.pdf
45. Перевезенні угля\руди у пандемію та економічна ситуація- [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.reuters.com/business/energy/shooting-messenger-shipping-carriers-can-investors-shun-coal-2021-11-12/>
46. Argus - цифрове агентство фрахту - [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.argusmedia.com/en/blog/2022/january/20/weight-of-freight-coal-wof-falls-in-2021-despite-record-dry-bulk-rates>
47. Статистика фрахтової біржи [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.iea.org/reports/coal-market-update-july-2022/prices>
48. Чартерна компанія Handybulk та її прайси - [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.handybulk.com/ship-charter-rates/>
49. Історія цін фрахту та фрахт у світі Greg Miller [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.freightwaves.com/news/dry-bulk-shipping-rates-hit-80000-per-day-as-buyers-scramble-for-coal>
50. Японська суднобудівна верф [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.jmuc.co.jp/en/products/bulk_carrier/

51. Savchuk V.D., Petrov I.M. Technology of Cargoes Transportation / V.D. Savchuk, I.M. Petrov // Підручник. – Одеса: НУОМА, 2025. – 384 с. – англ. мовою.

52. Thomas R.E., Pepper G.M. The Properties and Stowage of Cargoes [Text]. 10th Ed./ R.E. Thomas, G.M. Pepper. – Publisher: Witherby Publishing Group, January 2024.– 403 p.

53. Research and development of automatic bulk cargo equipment in modern ports: Part 1.URL: <https://www.porttechnology.org/wp-content/uploads/2019/05/PT40-22.pdf>.

54. Publication No. 16/P. Loading Guidance Information (January, 2022). URL:https://prs.pl/wp-content/uploads/2024/04/p16p_en.pdf.

55. Guide for Software Systems Verification – ABS CyberSafety™ Volume 4 (SSV Guide) URL:https://ww2.eagle.org/content/dam/eagle/rules-and-guides/current/other/253cybersafety_V4/CyberSafety_V4_SSV_Guide_e.pdf.

55. Онищенко С.П. Моделирование процессов организации и функционирования системы маркетинга морских транспортных предприятий: монография / С.П. Онищенко. – Одесса: Фенікс, 2009. – 328 с.

56. Сотниченко Л.Л. Економіка водного транспорту: методичні вказівки розрахункової роботи / Л.Л. Сотниченко, М.В. Бабаченко. – Одеса: НУ «ОМА», 2017. – 172 с.

57. International Convention on Load Lines, 1966 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.riigiteataja.ee/aktilisa/2160/1201/3001/Conv_on_Load_Lines.pdf

58. Adoption of the International Code on Intact Stability, 2008 (2008 IS Code), Resolution MSC.267(85) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://www.imo.org/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/Maritime-Safety-Committee-\(MSC\)/Documents/MSC.267\(85\).pdf](http://www.imo.org/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/Maritime-Safety-Committee-(MSC)/Documents/MSC.267(85).pdf).