

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

Навчально-науковий інститут навігації

Кафедра _____ Судноводіння _____

ДИПЛОМНА РОБОТА МАГІСТРАНТА

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

Герцева Івана Ігоровича

(прізвище, ім'я по-батькові)

Тема роботи: **Комплексне опрацювання та дослідження етапів переходу судна «Francesco Corrado» за маршрутом Річардс-Бей – Чжаньцзян**

Підпис магістранта _____

Завідувач кафедри _____

Керівник _____

Рецензент _____

Нормоконтроль _____

м. Одеса
2025 рік

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ОДЕСЬКА МОРСЬКА АКАДЕМІЯ»

Навчально-науковий інститут навігації

кафедра Судноводіння

спеціалізація 271.01 Навігація і управління морськими суднами

"ЗАТВЕРДЖУЮ"

Завідувач кафедри

_____ 2025 р.

З А В Д А Н Н Я

по дипломній роботі магістранта

Герцева Івана Ігоровича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. **Тема роботи:** **Комплексне опрацювання та дослідження етапів переходу судна «Francesco Corrado» за маршрутом Річардс-Бей – Чжаньцзян**
затверджена наказом по НУОМА від " _01_ " грудня 2025 р. № 1455
2. Строк здачі курсантом закінченої роботи " _04_ " грудня 2025 року
3. Вхідні дані до роботи: Методичні вказівки для виконання магістерської роботи, суднова документація, морські навігаційні посібники для виконання навігаційної проробки рейсу, нормативно довідкова література за темою дослідження.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що підлягають розробці): Характеристика судна, аналіз, оцінка та планування навігаційного переходу, обробка та розміщення вантажів, оцінка морехідних якостей судна, використання альтернативних джерел енергії в судноплавстві, розрахунок економічних показників рейсу судна.
5. Перелік графічного матеріалу:
Магістерська робота містить 23 рисунка

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

Розділ	ПІБ консультанта	Підпис і дата
1. Характеристики судна	Фусар І.Ю.	
2. Аналіз, оцінка та планування навігаційного переходу	Фусар І.Ю.	
3. Обробка та розміщення вантажів	Фусар І.Ю.	
4. Оцінка морехідних якостей судна	Фусар І.Ю.	
5. Використання альтернативних джерел енергії в ууднолавутивр розрахунок	Фусар І.Ю.	
6. Розрахунок економічних показників роботи судна в рейсі (кафедра «Менеджменту і економіки морського транспорту»)	Фусар І.Ю.	
7. Охоронні заходи та цивільна оборона на судні (кафедра «Судноводіння»)	Фусар І.Ю.	

7. Календарний план дипломної роботи магістранта

№ з/п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Характеристики судна	15.09.2025	виконано
2.	Аналіз, оцінка та планування навігаційного переходу	01.10.2025	виконано
3.	Обробка та розміщення вантажів	13.10.2025	виконано
4.	Оцінка морехідних якостей судна	30.10.2025	виконано
5.	Використання альтернативних джерел енергії в ууднолавутивр розрахунок	24.11.2025	виконано
6.	Розрахунок економічних показників роботи судна в рейсі	28.11.2025	виконано
7.	Охоронні заходи та цивільна оборона на судні	02.12.2025	виконано

Дата видачі завдання 14.05.2025

Керівник Завдання до виконання прийняв

Магістерська робота містить 135 стор., 23 рис., 52 табл. і 43 використаних джерела.

Магістерська робота присвячена дослідженню ефективності встановлення джерел сонячної та вітряної енергії на судні. Під час виконання роботи було досліджено передумови до розробки та розвитку джерел поновлюваної енергії.

Приведено основні фактори, що відрізняють джерела сонячної та вітряної енергії та впливають на енергоефективність судна. Були досліджені особливості використання поновлюваної енергії на судні та економію коштів при її використанні. Було розкрито проблематику використання та імплементації джерел сонячної та вітряної енергії на судні.

Виконано підбір транспортно-експлуатаційних характеристик і конструктивні особливості судна.

Проведено навігаційне планування переходу.

Розроблено вантажний план і виконана перевірка остійності згідно вимогам ММО.

Розраховані економічні показники рейсу і зроблений аналіз його кількісних і якісних показників.

У роботі розглянуті питання охоронні заходь та цивільної оборони на судні.

Ключові слова: сонячна енергія, вітряна енергія, енергоефективність, симуляційна модель, система живлення судна.

The master's thesis contains 123 pages, 23 fig., 52 table. and 43 sources used.

This thesis is devoted to the study of the effectiveness of retrofitting a maritime vessel with solar and wind renewable energy sources. During the work, the prerequisites for the development and progress of renewable energy sources were studied. The main factors differentiating solar and wind energy sources and their impact on the energy efficiency of a maritime vessel were researched. The unique characteristics of renewable energy usage on a vessel and cost savings were examined. The problems of the usage and implementation of solar and wind energy sources on a ship were outlined.

The selection of transport and operational characteristics and structural features of the vessel was carried out.

Navigational planning of the transition was carried out.

A cargo plan was developed and a stability check was carried out in accordance with the requirements of the IMO.

The economic indicators of the flight were calculated and an analysis of its several and qualitative indicators was made.

In the work, the issue of security of the event and civil defense on the ship is being considered.

Key words: solar energy, wind energy, energy efficiency, simulation model, vessel's power system.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
1 ХАРАКТЕРИСТИКИ СУДНА	9
1.1 Загальні відомості і головні розміри судна.....	9
1.2 Транспортно-експлуатаційні характеристики судна.....	11
1.3 Маневрені характеристики	14
1.4 Навігаційне обладнання	15
1.5 Забезпечення непотоплюваності	16
2 АНАЛІЗ, ОЦІНКА ТА ПЛАНУВАННЯ НАВІГАЦІЙНОГО ПЕРЕХОДУ	18
2.1 Загальні вимоги до аналізу та плануванню навігаційного переходу.....	18
2.2 Оцінка запланованого переходу	20
2.2.1 Підготовка для прийому та обміну навігаційною інформацією на переході.....	22
2.2.2 Збір та аналіз гідрометеорологічної інформації	25
2.2.3 Збір та аналіз навігаційної інформації при прибережному плаванні .	26
2.3 Навігаційні розрахунки для забезпечення безпеки плавання	32
2.3.1 Розрахунок ортодромії	32
2.3.2 Складання маршрутних листів	34
2.3.3 Графічний план переходу	36
2.3.4 Розрахунок природної освітленості.....	37
2.3.5 Розрахунок висот приливів та побудова графіків приливів.....	38
2.4 Висновки.....	39
3 ОБРОБКА ТА РОЗМІЩЕННЯ ВАНТАЖІВ	41
3.1 Транспортні характеристики вантажів.....	41
3.2 Підготовка вантажних приміщень до прийому вантажів та документальне оформлення морського перевезення.....	43
3.3 Розрахунок чистої вантажопідйомності судна	45
3.4 Складання вантажного плану	49

3.5 Характеристика експлуатаційних умов рейсу	49
4 ОЦІНКА МОРЕХІДНИХ ЯКОСТЕЙ СУДНА	51
4.1 Розрахунок водотоннажності і координат центра ваги судна	51
4.2 Розрахунки посадки і початкової остійності	56
4.3 Контроль остійності за матеріалами інформації	59
4.4 Розрахунок і побудова діаграм остійності	59
4.5 Розрахунки нормованих параметрів остійності.....	64
4.6 Перевірка виконання рекомендованих ІМО критеріїв остійності.....	67
4.7 Контроль загальної поздовжньої міцності судна	68
5 ВИКОРИСТАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ В СУДНОПЛАВСТВІ.....	71
5.1 Основні завдання джерел альтернативної електроенергії	71
5.1.1 Збереження навколишнього середовища через енерго-ефективність судна.....	71
5.1.2 Визначення систем-джерел поновлюваної енергії	73
5.2 Аналіз ефективності застосування альтернативних джерел енергії на морських судах.....	75
5.2.1 Параметри судна, обраного для експерименту.....	75
5.2.2 Застосування енергії сонця	78
5.2.3 Застосування вітряної енергії	80
5.2.4 Схематичні діаграми запропонованих систем живлення судна	83
5.2.5 Опис установки для експерименту	85
5.3 Результати експерименту.....	85
5.3.1 Аналіз потенціалу сонячної енергії	85
5.3.2 Аналіз потенціалу вітряної енергії	87
5.3.3 Аналіз застосування двох видів джерел	88
5.3.4 Результати симуляції.....	90
5.3.5 Порівняння застосування повітряної та сонячної енергії на судні.....	92
5.4 Загальні висновки.....	94

6 РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ СУДНА В РЕЙСІ.....	96
6.1 Рейсове завдання	96
6.2 Розрахунок кількісних експлуатаційно показників роботи судна в рейсі.....	97
6.3 Розрахунок якісних експлуатаційно-економічних показників роботи судна в рейсі.....	101
6.4 Прогнозування роботи судна за експлуатаційний період	103
6.5 Оцінка ефективності виконаного рейсу і роботи судна за експлуатаційний період.....	104
7 ОХОРОННІ ЗАХОДИ І ЦИВІЛЬНА ОБОРОНА НА СУДНІ.....	106
7.1 Прогнозування наслідків надзвичайної ситуації на об'єкті морського транспорту	106
7.1.1 Вихідні дані (сценарій виникнення надзвичайної ситуації на об'єкті морського транспорту).....	106
7.1.2 Оцінка масштабів хімічного зараження території	107
7.1.3 Висновки і рекомендовані заходи для зменшення людських втрат .	114
7.2 Розподіл обов'язків та відповідальності щодо забезпечення охорони судна та постачання для забезпечення охорони судна	115
ВИСНОВКИ	118
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	120

ВСТУП

Актуальність теми дослідження полягає у необхідності розвитку в сучасному світі технологій поновлюваної енергії, зокрема сонячної та вітряної, та дослідження можливостей підвищення енергоефективності для цілей запобігання глобальному потеплінню та збільшення прибутковості морської індустрії загалом, бо суднова система живлення – це одна з найважливіших суднових систем. Вона розробляється для безперервного постачання потужності для всіх споживачів на судні, кожен з яких має різні режими експлуатації. Під час дизайну судна проводяться різні оптимізації для побудови судна найбільш економічним та безпечним для оточуючого середовища.

Мета роботи полягає в узагальненні інформації та теоретичних рекомендацій стосовно об'єкта дослідження.

Завдання виконаної роботи полягає у тому, щоб надати характеристику існуючим джерелам поновлюваної енергії, оцінити можливість їх використання на судні, підрахувати економію коштів, яку ми отримаємо в результаті цього, та сформулювати рекомендацію для розвитку цих технологій в майбутньому.

Об'єктами дослідження є енергоефективність судна.

Предметом дослідження є джерела сонячної та вітряної енергії.

Методи дослідження. Під час виконання даної роботи використовувалися методи емпіричного дослідження (опис, порівняння, спостереження); наукове спостереження, науково-уявне моделювання.

Наукова новизна отриманих результатів полягає у дослідженні впливу джерел сонячної та вітряної енергії на підвищення енергоефективності та економію палива судном.

РОЗДІЛ 1

ХАРАКТЕРИСТИКИ СУДНА

1.1. Загальні відомості і головні розміри судна

Основна характеристика балкера «Francesco Corrado» надана у вигляді табл. 1.1 [1, 2].

Таблиця 1.1 – Основні відомості про балкер «Francesco Corrado»

№	Характеристика	Відомості
1	2	3
1.	Назва судна	Francesco Corrado
2.	Тип судна	балкер
3.	Позивний сигнал судна	C6WY3
4.	ІМО №	9314636
5.	MMSI №	311002600
6.	Рік і місце будівництва	Побудоване 13/05/2008 на заводі Oshima Shipbuilding CO., LTD, Japan
7.	Клас Регістра	ABS + A1(E) bulk carrier, SH, SHCM, HCS, strengthened for the carriage of heavy cargoes. Hold № 2, 4, 6 may be empty. Hold № 4 may be ballasted, +AMS, +ACCU, UWILD, ESP
8.	Порт приписки	Nassau
9.	Судновласник:	Canaby Shipping
10.	Менеджмент:	Gestion Maritime SAM
11.	Довжина найбільша (L), м:	225
12.	Довжина між перпендикулярами (L_{LL}), м:	217

Продовження табл. 1.1

1	2	3		
13.	Ширина найбільша (В), м:	32,26		
14.	Висота борту до верхньої палуби (Н), м:	19,6		
15.	Найбільше осідання (Т), м:	Тл = 14,26; Тт = 14,56; Тз = 13,97		
16.	Осадка (Т) з вантажем і порожнього судна, м:	Тmax = 14,26; Тmin = 2,39		
17.	Водотоннажність, т: в повному вантажу (Δ): порожньому (Δ_0):	87337; 12862		
18.	Повна вантажопідйомність (Δ_w), т:	74475		
19.	Головний двигун: тип: потужність, кВт / к.с.: частота обертання, об/хв.:	MAN-B&W 5S60MC-C; 9314 / 12670; & 86 RPM		
20.	Режими роботи головного двигуна	Engine order	r/min(pitch) setting	Speed(knots) Loaded Ballast
		Full sea speed	90.4	14.5 16.0
		Full ahead	73	12.3 13.6
		Half ahead	61	10.4 11.5
		Slow ahead	43	6.8 7.5
		Dead slow ahead	36	4.6 5.8
		Dead slow astern	36	Critical revolutions <u>47-56</u> Minimum rmp <u>21 3.2</u> knots
		Slow astern	43	Time limit astern <u>No limit</u> min Time limit at min revs <u>No limit</u> min
		Half astern	61	Emergency full speed ahead (73rpm) to full astern(73rpm) <u>607</u> s
		Full astern	73	Max. no. of consecutive starts <u>16</u>

Продовження табл. 1.1

1	2	3
21.	Швидкість судна, вузл.: завантаженого: в баласті:	14,5; 16,0
22.	Гребний гвинт: кількість лопастей, од.: діаметр та крок гвинта, мм.: дискове відношення: напрямок обертання:	фіксованого кроку 4; 7000 та 4998; 0,7; правого обертання
23.	Тип керма:	напівбалансирний
24.	Тип стернової машини:	електрогідравлічна, 1400 kn-m;
25.	Судова електростанція: Склад суднової радіоапаратури відповідає вимогам районів А3 та включає в себе:	a) MF/HF Transceiver - JSS-596 (2 од.); b) DSC Controller - JSb-196GM (2 од.); c) MF/HF DSC Watch Receiver, NDBP - NCT-196N; d) VHF DSC - JHS-32B (2 од.); e) Inmarsat-C - JUE-85 (2 од.); f) JUE-85, GY 67675 - NCR-330; g) Radar Transponder - PATH FINDER; h) Radar Transponder - PATH FINDER; i) EPIRB - E5406; j) VHF GMDSS - JHS-7 (3 од.);
26.	Валова реєстрова місткість (GRT):	40154
27.	Чиста реєстрова місткість (NRT):	25833
28.	Добова витрата палива, т/добу: на ходу: важке паливо (HFO):	28

Продовження табл. 1.1

1	2	3
	на стоянці: дизельне паливо (DFO):	5
29.	Координати центру мас порожнього судна, м:	$X_g = 101,1; Z_g = 11,36$

1.2. Транспортно-експлуатаційні характеристики судна

1. Схематичний план бокового виду балкера «Francesco Corrado» з розташуванням приміщень для вантажів і запасів представлено на рис. 1.1 [2].

2. План верхньої палуби балкера «Francesco Corrado» (вид зверху) показаний на рис. 1.2.

3. Вантажна шкала балкера «Francesco Corrado» показана на рис. 1.3.

1.3. Маневрені характеристики

Маневрені характеристики балкера «Francesco Corrado» представлені у вигляді «Wheelhouse poster» на рис. 1.4 [2].

Гальмівні характеристики балкера «Francesco Corrado» приведені також на рис. 1.4.

1.4. Навігаційне обладнання

Навігаційне устаткування балкера «Francesco Corrado» представлено у формі табл. 1.2 [2].

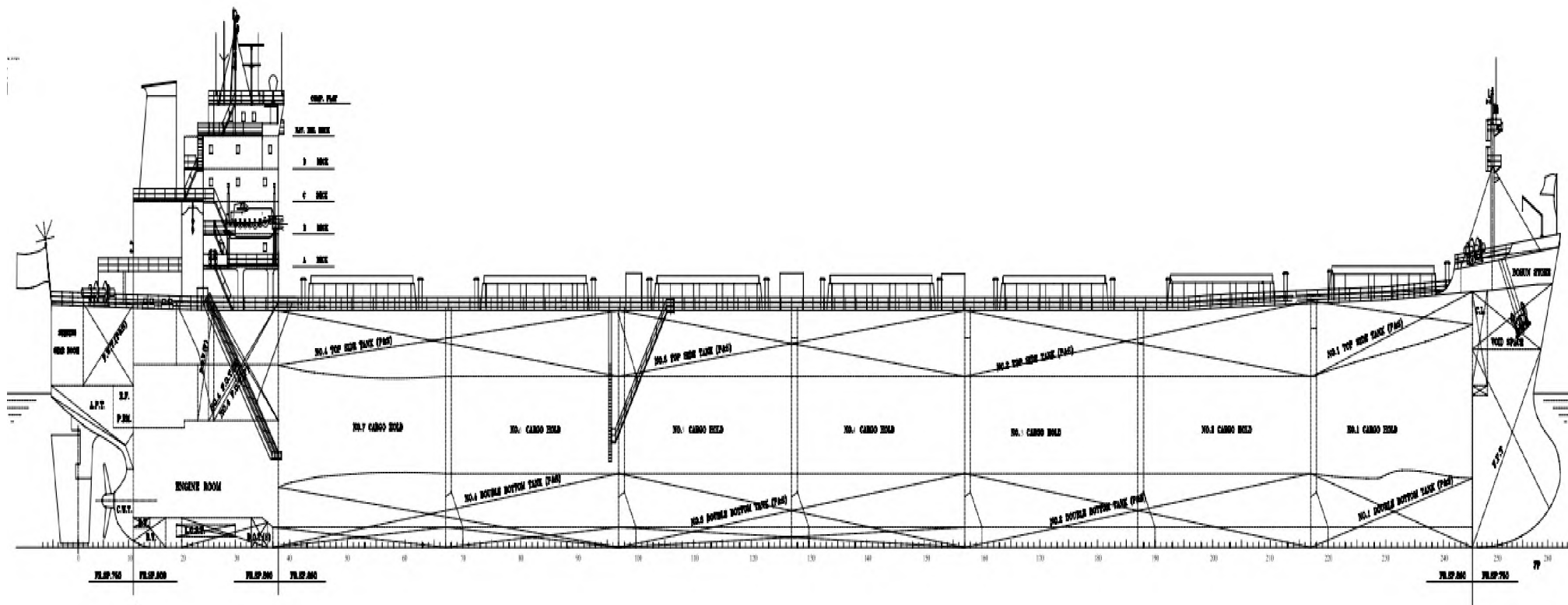
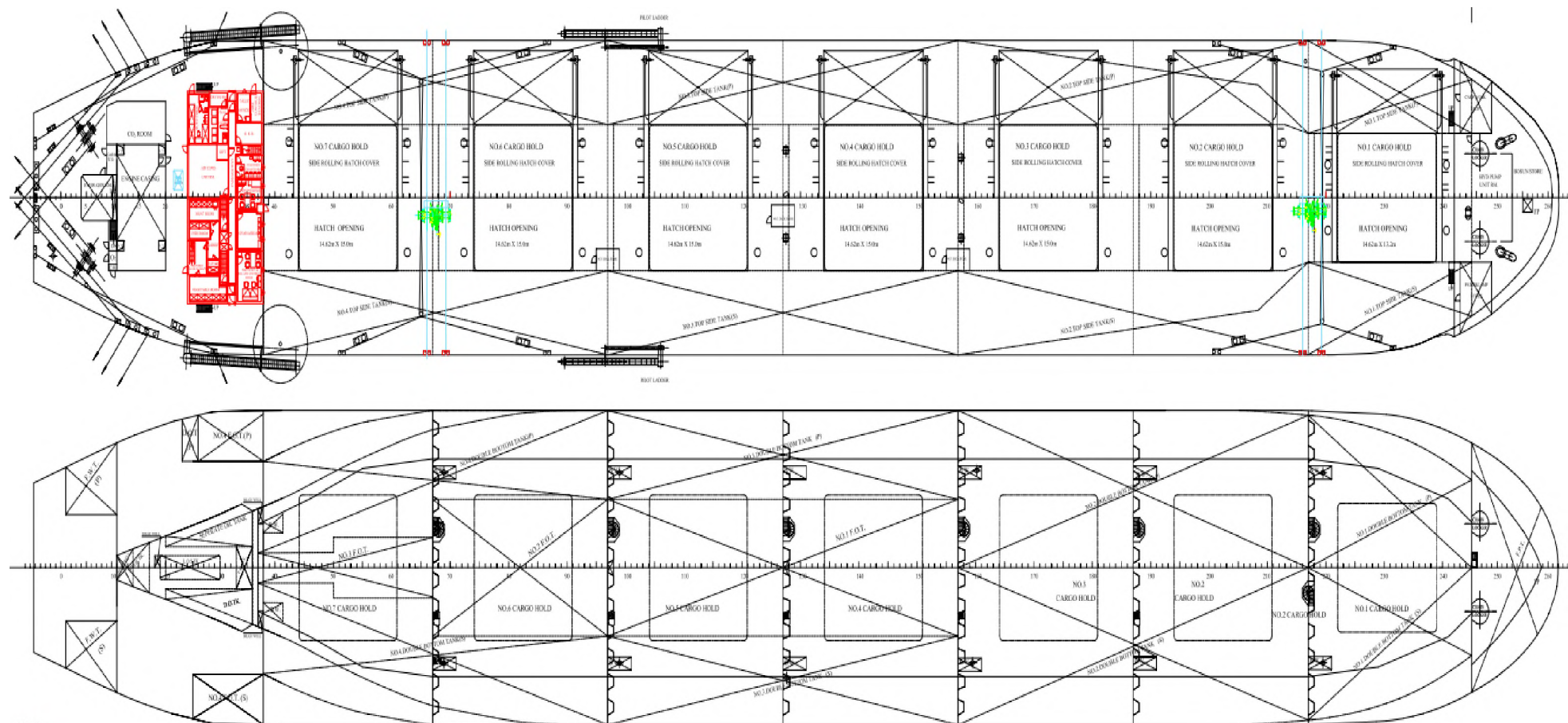


Рисунок 1.1 – Схематичний план бокового виду балкера «Francesco Corrado»



EIGHT

Рисунок 1.2 – План верхньої палуби балкера «Francesco Corrado»

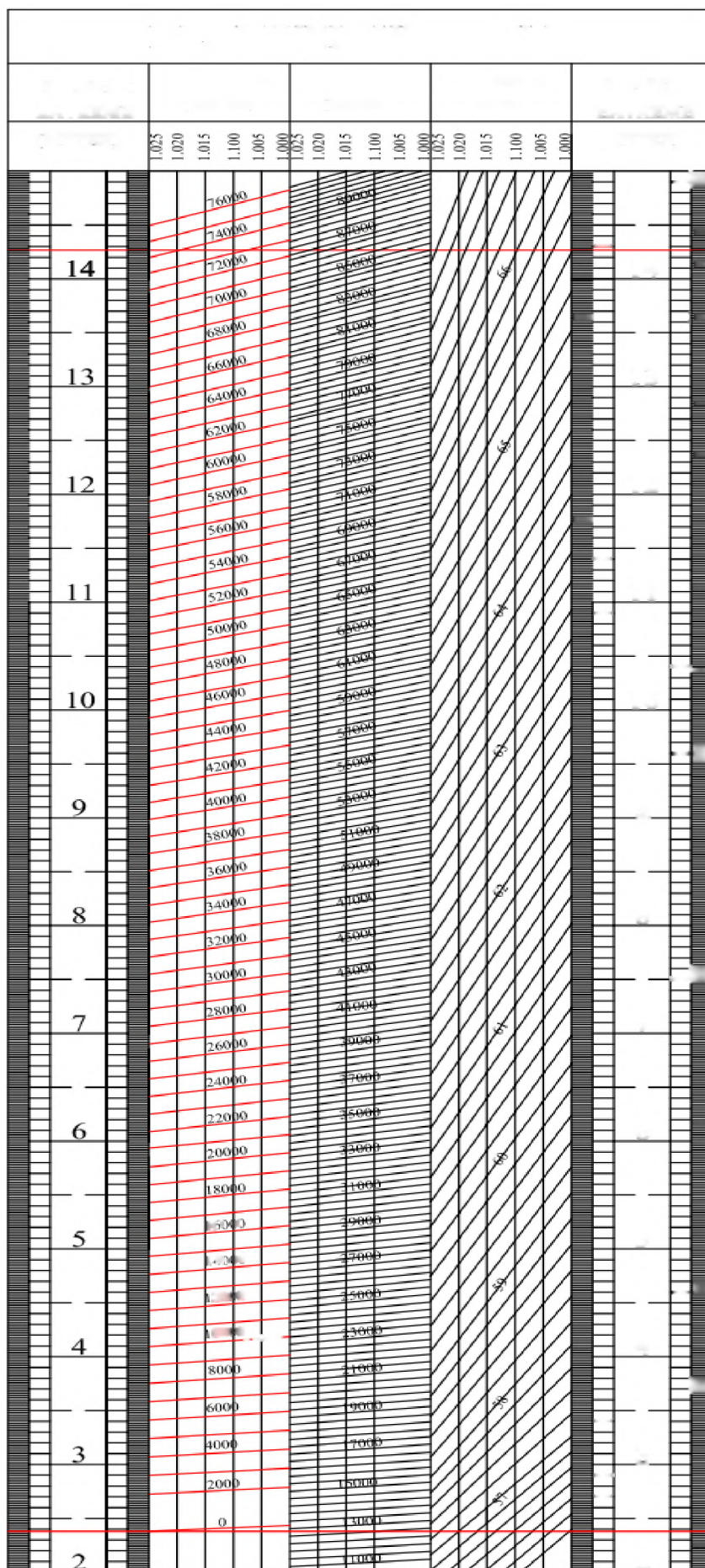


Рисунок 1.3 – Вантажна шкала балкера «Francesco Corrado»

MANEUVERING CHARACTERISTICS DIAGRAM

Ship's Name FRANCESCO CORRADO Call Sign C6WY3 Gross tonnage 40154 Net tonnage 25833

Max.displacement 87337 t,and Deadweight 74475 t, and Block coefficient 0.8772 at summer full load draught

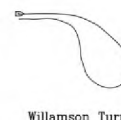
Draught at which the manoeuvring data were obtained

Loaded	Ballast
Estimated	Trail
14.45m Forward	4.90 m Forward
14.45 m Aft	7.40 m Aft

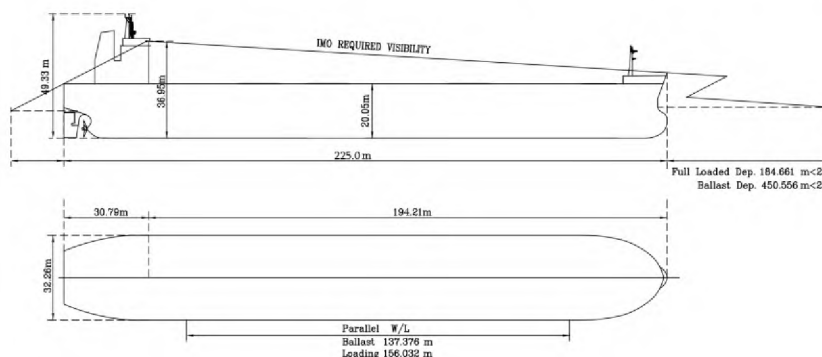
STEERING PARTICULARS	
Type of rudder	semi-balanced
Maximum(rudder angle)	P35°/S35°
Time:hard-over to hard-over with one power unit	25.5s
with two power units	13.7s

ANCHOR CHAIN		
	No. of shackles	Max. rate of heaving (min/shackle)
Port	12.5	1'54"
Starboard	12.5	1'51"
(1shackle = 27.5 m = 15.04 fathoms)		

PROPULSION PARTICULARS				MAN OVERBOARD RESCUE MANOEUVRE			 Williamson Turn	
Engine order	r/min(pitch) setting	Speed(knots)		SEQUENCE OF ANCTIONS TO BE TAKEN: • TO CAST A LIFEBOUY • TO GIVE THE HELM ORDER • TO SOUND THE ALARM • TO KEEP THE LOOK-OUT				
		Loaded	Ballast					
Full sea speed	90.4	14.5	16.0					
Full ahead	73	12.3	13.6					
Half ahead	61	10.4	11.5					
Slow ahead	43	6.8	7.5					
Dead slow ahead	36	4.6	5.8	DRAUGHT INCREASE (LOADED)				
Dead slow astern	36	Critical revolutions Minimum rpm 21 32 knots	47-56	Estimated Squat Effect			Heel Effect	
				Under keel clearance	Ship's speed (knots)	Max. bow squat esbimaled(m)	Heel angle (degree)	Draft increase (m)
Slow astern	43	Time limit astern No limit min Time limit at min revs No limit min		5 m	5	0.16	2	0.50
					10	0.66	4	1.01
Half astern	61	Emergency full speed ahead (73rpm) to full astern(73rpm) 607 s		10 m	15	1.55	6	1.51
					5	0.13	8	2.05
Full astern	73	Max. no. of consecutive starts 16			10	0.52	10	2.60
					15	1.21	12	3.15

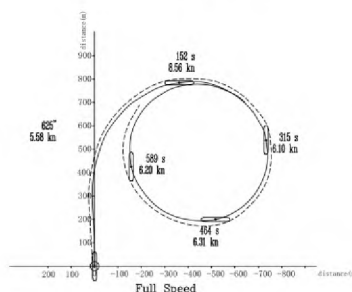
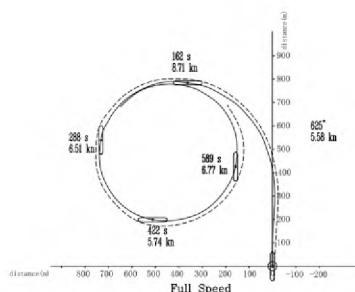


Williamson Turn



Turning PORT Circle Test Result(Full Speed)
Rudder angle 35°
Ballast Condition
Draft Tl=4.90m,Ta=7.40m
Transfer(m): 426.04
Advance(m): 800.57
Tactical Diameter(m): 720.57
Turning Circle Diameter(m): 589.04

Turning STBD Circle Test Result(Full Speed)
Rudder angle 35°
Ballast Condition
Draft Tl=4.90m,Ta=7.40m
Transfer(m): 362.65
Advance(m): 772.77
Tactical Diameter(m): 657.02
Turning Circle Diameter(m): 588.73



Stooping Characteristics
Track-reach
Ballast

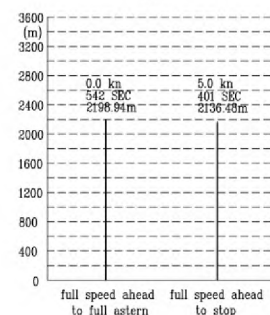


Рисунок 1.4 – Маневрені характеристики балкера «Francesco Corrado»

Таблиця 1.2 – Технічні засоби навігації

Прилад, система	Виробник	Тип, марка
MF/HF Transceiver	JRC	JSS-596
DSC Controller	JRC	JSb-196GM
MF/HF DSC Watch Receiver, NDBP	JRC	NCT-196N
Inmarsat-C	JRC	JUE-85
Inmarsat Fleet 77	JRC	JUE410F
Globe Wireless	Globe Wireless	GLOBE I250
AIS UNIT	JRC	JHS-180
VHF DSC-1	JRC	JHS-32B
VHF DSC-2	JRC	JHS-32B
VHF GMDSS (with spare batteries)	JRC	JHS-7
VHF GMDSS (with spare batteries)	JRC	JHS-7
VHF GMDSS (with spare batteries)	JRC	JHS-7
NAVTEX Receiver	JRC	NCR-330
EPIRB	McMurdo	E5406
Radar Transponder	ACR	PATH FINDER
Radar Transponder	ACR	PATH FINDER
Radar X-band	JRC	JMA-9923-7XA
Radar S-band	JRC	JMA-9933-SA
Voyage Data Recorder	JRC	JCY-1700
DGPS	JRC	JLR-9000 D
DGPS	JRC	JLR-9000 D
Weather Facsimile	JRC	JAX-9A
Echosounder	JRC	JFE-582
Gyro Compass	YOKOGAWA	CMZ700S
Autopilot	YOKOGAWA	PTA500A-J-K2T
Magnetic Compass	TOKIMEC INC.	SH-165A1
Speed Log	FURUNO	DS-80
ECDIS Primary	MARIS	HT CO1STDA
ECDIS Back up	MARIS	HT CO1STDA
UHF Transceiver (with spare batteries)	KENWOOD	TK-3702-2
Quartz Chronometer	SEIKO	QC-6M4
Daylight Signaling Lamp	SANCHIN ELECTRIC	SPS-10A
Sextant	TAMAYA MARINE	MS 633

Точносні характеристики ТЗН судна представлено в табл. 1.3.

Таблиця 1.3 – Точносні характеристики ТЗН на судні

Тип, марка ТЗН	Вимірювані навігаційні параметри	СКП одного виміру
Магнітний компас SH-165A1	пеленг	1,5°
Гірокомпас CMZ700S	пеленг	0,7°
Радіолокатор (САРП)	пеленг дистанція	1,1° 1,0 % від Д 0,6 % від Д
DGPS JLR-9000 D	широта довгота	0,01' 0,02'
DGPS JLR-9000 D	широта довгота	0,01' 0,02'

1.5. Забезпечення непотоплюваності

Вся інформація про непотоплюваність балкера «Francesco Corrado» міститься в документації «Damage stability booklet». Там розглянуто випадки аварій з різною кількістю затоплених відсіків, приклад таких ситуацій приведено на рис. 1.5. Так само ця інформація дублюється у вантажному комп'ютері.

З метою забезпечення водонепроникності балкер «Francesco Corrado» розділено на 9 відсіків. На балкері допустиме одне затоплення відсіку. Закриття і відкриття водонепроникних дверей може виконуватись з кожної сторони перебирання вручну, датчики закриття розташовані на містку. При закритих

водонепроникних отворах забезпечується непотоплюваність і аварійна остійність судна при затопленні одного з відсіків. Для боротьби з водотечею створені три аварійних пости. Пост №1 знаходиться на верхній палубі, на кормі. У ньому перебуває твердий трубчастий пластир з усіма предметами озброєння. Пост №2 знаходиться в районі підшкіперської, там перебуває аварійне майно для закладення пробоїн. Пост №3 розташований у МВ, там перебуває також аварійне майно для закладення пробоїн.

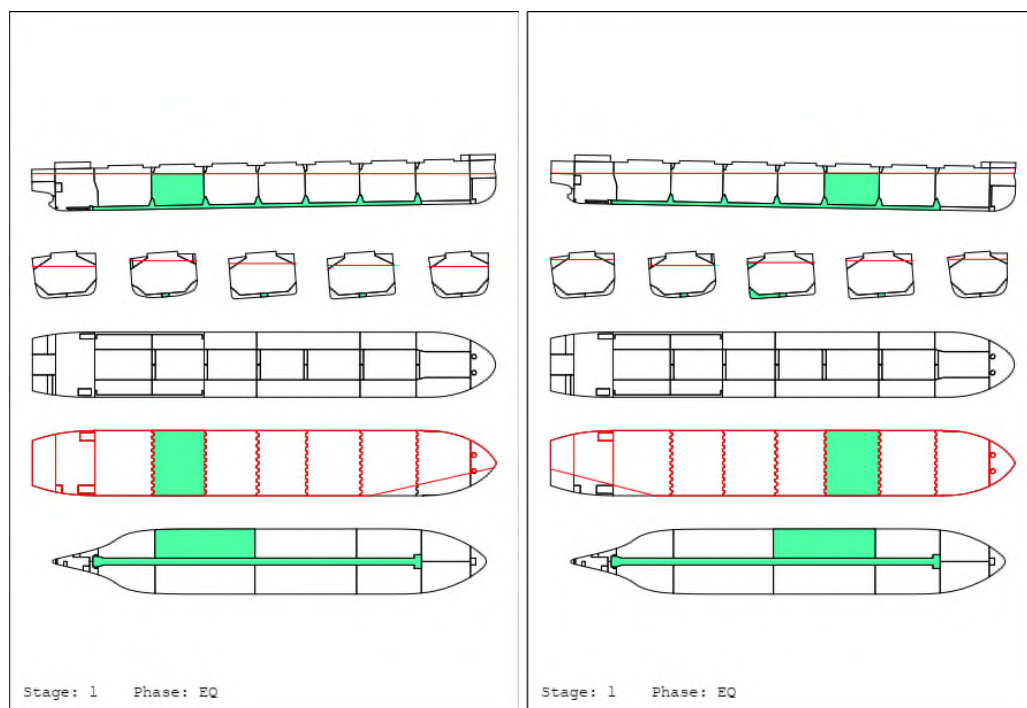


Рисунок 1.5 – Варіанти затоплення відсіків з суднової документації «Damage stability booklet»

Осушувальна система призначена для видалення із приміщення води, що скопилася в результаті пропусків з'єднань труб, відпрівання, обмивання приміщень і інших причин.

Водовідлив з машинного відділення, у звичайному режимі, виконується за допомогою сепаратора льяльних вод. Продуктивність цього сепаратора 5 м³/год. Для аварійного осушення МВ можуть використатися два пожежних насоси, а також насос забортної води охолодження ГД. Загальна продуктивність цих насосів 2200 м³/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 [3-5]:

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

Існують чотири стадії планування безпечного переходу[6]:

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

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

2.2. Оцінка запланованого переходу

У цьому параграфі надаємо конкретну інформацію, що стосується оцінки переходу, що відповідає етапу «Passage Plan Appraisal». Для цього проводимо підбір навігаційних карт, посібників і публікацій на заданий перехід по Катало-

гу Адміралтейських карт і публікацій (Catalogue of Admiralty Charts and Publications). Можливо використання Admiralty Digital Catalogue.

Оброблену інформацію оформлюємо у вигляді таблиць 2.1 та 2.2 [7-8].

Таблиця 2.1 – Перелік карт на перехід

Тип карти	Cell No.	Назва карти	Масштаб
1	2	3	4
паперова	4072	Indian Ocean – Western Part	10 000 000
паперова	4070	Indian Ocean – Southern Part	10 000 000
паперова	4073	Indian Ocean - Eastern Part	10 000 000
паперова	4700	Port Elizabeth to Mauritius	3 500 000
паперова	4707	Maldives to Sumatera	3 500 000
паперова	4714	Cocos Islands to Ile Saint-Paul	3 500 000
паперова	4713	Ile de la Reunion to Ile Saint-Paul	3 500 000
паперова	4204	Walvis Bay to Maputo	3 500 000
паперова	4708	Indian Ocean, Australia West Coast	3 500 000
паперова	4508	South China Sea	3 500 000
паперова	3482	Singapore Strait to Song Sai Gon	1 500 000
паперова	3488	Song Sai Gon to Hong Kong	1 500 000
паперова	578	Cape Columbine to Cape Seal	1 000 000
паперова	2095	Cape St Blaize to Port St Jonh's	1 000 000
паперова	4174	Richards Bay Harbour	12 500
паперова	4173	Approaches to Richards Bay	37 500
паперова	2088	Durban to Cape Vidal	300 000
паперова	3300	Mbashe Point to Maputo	1 000 000
паперова	2777	Indira Point to Teluk Aru and Ujung Karang	500 000
паперова	2917	Plans in North West Sumatera	12 500
паперова	3919	Kruenggeukueh and Blanglancang to Ujung Peureula	200 000

Продовження табл. 2.1

1	2	3	4
паперова	3920	Ujung Peureula to Teluk Aru	200 000
паперова	3921	Teluk Aru to Kualatanjung	200 000
паперова	1358	Permatang Sedepa (One Fathom Bank) to Singapore Strait	500 000
паперова	3947	Melaka to Singapore Strait	200 000
паперова	3833	Singapore Strait Western Part	75 000
паперова	2403	Singapore Strait and Eastern Approaches	200 000
паперова	2869	Outer Approaches to Singapore Strait	500 000
паперова	3986	Hon Khoai to Mui Ke Ga	500000
паперова	3987	Mui Ke Ga to Quy Nhon	500 000
паперова	3988	Quy Nhon to Song Huong	500 000
паперова	103	Hainan Dao Eastwards	500 000
паперова	3892	Beihai Gang to Hailingshan Gang including Qiongzhou Haixia	300 000
паперова	3348	Outer Approaches to Zhanjiang and Shuidong Gangqu	120 000
паперова	3349	Zhanjiang and Approaches	50 000
довідкова	D6083	The Word – Load Line Regulations – Zones, Areas and Seasonal Periods	-
довідкова	B6238	Indian and South West Pacific Ocean	-
довідкова	5006	The World Time Zone Chart	20 000 000
довідкова	5126(08)	Indian Ocean Routeing Chart	20 000 000
довідкова	5307	The world - Main Ocean Routes: Power Vessels	20 000 000
довідкова	5310	The world - General Surface Current Distribution	20 000 000
довідкова	D6083	The World - Load Line Rules	-
довідкова	5374	Magnetic Variation, 2018 and Annul	25 000 000

Продовження табл. 2.1

1	2	3	4
		rates of Change – the World	
довідкова	Q6099	Anti-piracy planning chart - Red Sea, Gulf of Aden	9 000 000
довідкова	5000	Azimuth Diagram --modified Weir (Lat. 0° to 65°)	32 000 000

Перелік публікацій на перехід приведено в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Перелік публікацій на перехід

Номер	Назва посібника
1	2
2	Admiralty Sailing Directions NP2 Africa Pilot Vol 2
3	Admiralty Sailing Directions NP3 Africa Pilot, Vol 3
39	Admiralty Sailing Directions NP39 South Indian Ocean Pilot
44	Admiralty Sailing Directions NP44 Malacca Strait and West Coast of Sumatera Pilot
36	Admiralty Sailing Directions NP36 Indonesia Pilot Vol 1
31	Admiralty Sailing Directions NP31 China Sea Pilot, Vol. II
30	Admiralty Sailing Directions NP30 China Sea Pilot
77	Admiralty List of Lights and Fog Signals Volume D: Eastern Atlantic O., Western Indian O., Arabian & Red Seas
79	Admiralty List of Lights and Fog Signals Volume F: N.E. Indian Ocean, Central part of S. China & E. Archipelagic Seas
202	Volume 2 – Europe (Excluding United Kingdom and Ireland),Mediterranean Sea and Atlantic Ocean (including Tidal Stream Tables)
203	Volume 3 – Indian Ocean and South China Sea (including Tidal Stream Tables)

Продовження табл. 2.2

1	2
281(1)	Admiralty List of Radio Signals. Maritime Radio Stations Europe, Africa and Asia.
282	Admiralty List of Radio Signals. Radio Aids to Navigation, Satellite Navigation Systems, Legal Time
283(1)	Admiralty List of Radio Signals. Part 1, Maritime Safety Information Services: Europe, Africa and Asia
284	Admiralty List of Radio Signals. Meteorological Observation Station
285	Admiralty List of Radio Signals. GMDSS
286(8)	Admiralty List of Radio Signals. Pilot Services, Vessel Traffic Services and Port Operations
350(2)	Admiralty Distance Tables. Indian Ocean.
100	The Mariner's Handbook
131	Admiralty Charts and Publications Catalogue
136	Ocean Passages of the World, 5 th Edition 2004.
294	How to Keep Your Admiralty Charts Up-to-Date, 10th Edition
323	Star Finder and Identifier.
	Brown's Nautical Almanac.
303	Sight Reduction Form
100	The Mariners Handbook
735	IALA Maritime Buoyage System, Edition 5
5011	Symbols and Abbreviations used on Admiralty Charts, Edition 5

2.2.1. Підготовка для прийому та обміну навігаційною інформацією на переході

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

За допомогою посібника ALRS 283 використовуємо інформацію щодо факсимільних карт погоди та зводимо її до таблиці 2.3 [9].

Таблиця 2.3 – Радіостанції факсимільних гідрометеорологічних передач

N п.п	Радіостанція	Позначення і межа карти	Зміст передачі	Час передачі
1	Cape Naval	1:20 000 FUXX; FSXX 0° 30°W; 0° 60°E 60°S 30°W; 60°S 60°E	FUXX: Upper Air Prognosis FSXX: Surface Prognosis	0630(12) 0730(12) 1100(00)
2	Taipei	48N 060E, 48N 172W, EQ 099E, EQ 154E	Typhoon warnings Surface Prognosis	0110/1300 0440/1630
3	Bangkok	A - 1:20,000,000 50N 045E, 50N 160E, 30S 045E, 30S 160E	Surface pressure Forecast for shipping	0120/----- 0100/0700

За допомогою посібника ALRS 285 вибираємо інформацію про райони NAVAREA і станції NAVTEX за маршрутом переходу [9, 10].

Дані зводимо в таблицю 2.4.

Таблиця 2.4 – Райони NAVAREA, станції NAVTEX на переході

№	Ділянка переходу	Р-Н NAVAREA	NAVTEX	NAVAREA
1	2	3	4	5
1	Узбережжя Південної Африки	VII	Port Elizabeth(I) Cape Town(C)	South Africa

Продовження табл. 2.4

1	2	3	4	5
2	Індійський океан	VIII(S)	Mauritius(C)	Mauritius
3	Індійський океан	X	-	Australia
4	Південно-Китайське море	XI(CHINA)	Hong Kong(L) Bangkok (F) Singapore(C)	Japan

За допомогою посібника ALRS 286 визначаємо наявність по маршруту контрольних постів, районів, де здійснюється управління рухом суден постами СУРС (Reporting Areas), вирішуємо питання про зв'язок з контрольними станціями і постами - терміни, форми і способи подачі інформації.

З'ясовуємо деталі зв'язку з лоцманськими станціями і операторами терміналів в портах. Отримані відомості зводимо в табл. 2.5 [9].

Таблиця 2.5 – Зв'язок на переході

№	Станція	Спосіб зв'язку	Канали, частоти	Примітки
1	2	3	4	5
1	Richards Bay Pilot	VHF	16, 10, 12	Vessels should send ETD 3 hours in advance with amendments up to 30 minutes before departure.
2	AMVER	Tel Fax Telex	+230 127594 +1 212 6687684 +230 127594	Operated by USCG, provides aid to SAR ops. Call nearest RCC, voluntary.
3	Zhanjiang Port: Callsign " Zhanjiang	VHF Tel:	16, 11 +86 777 3888361 +86 777 3888644	ETA: The Master should advise the vessel's ETA to the state agent, or

Продовження табл. 2.5

1	2	3	4	5
	Port Control". Agents: Callsign "Penavico Zhanjiang". Pilot: Callsign "Zhanjiang Port Control"	VHF Tel: Fax: Email: VHF: Tel:	16, 11. +86 777 3887128 +86 777 3887129. +86 777 388 7283 shipping@penavicoqz.com 16, 11 +86 777 388 8722	through the local agent to the state agency, 72, 48 and 24 hours prior to the vessel's arrival at the pilot station. The ETA message should include the time and date of the vessel's arrival and salt/fresh water draughts.

СУРС по маршруту переходу приведено в табл. 2.6.

Таблиця 2.6 – СУРС по маршруту переходу

№	Traffic separation scheme	Station	VHF	Reporting point description
1	Richards Bay – Port Control (VTS)	VHF	11,16	Call: Richards Bay Coastguard for outbound vessels

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

2.2.2. Збір та аналіз гідрометеорологічної інформації

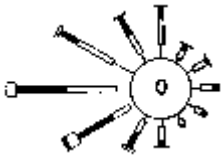
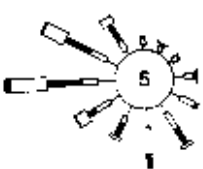
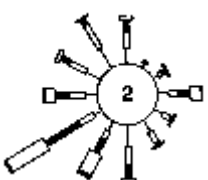
Аналіз гідрометеорологічних умов по маршруту плавання виконується за період (місяць) переходу, що проробляється. Для цього використовуються середні багаторічні дані, які наведені в Атласах океанів, кліматологічних, гідрог-

рафічних і океанографічних посібниках, Pilot Chart (Інтернет-сайт www.passageweather.com). Для опису гідрометеорологічних умов необхідно перехід розбити на ділянки (три і більше) в залежності від відстані між портами. Необхідні данні вносимо в таблицях 2.7 і 2.8 [11, 12, 13].

Таблиця 2.7 – Атмосферний тиск і розшифровка «роз вітрів»

Характеристики за ділянками	Південне узбережжя Африки			Індійський океан			Південно-Китайське море		
1	2			3			4		
Атмосферний тиск, гПа	1014			1011			1010		
Вітер	Роза вітрів № 1			Роза вітрів № 2			Роза вітрів № 3		
Направлення вітру	Повторюваність вітру, %			Повторюваність вітру, %			Повторюваність вітру, %		
	Сумарна	11-15 м/с	>16 м/с	Сумарна	11-15 м/с	>16 м/с	Сумарна	11-15 м/с	>16 м/с
N	8	-	-	2	-	-	11	1	-
NE	6	-	-	1	-	-	12	-	-
E	8	-	-	3	-	-	6	2	-
SE	8	-	-	14	-	-	5	-	-
S	8	-	-	18	-	-	8	-	-
SW	19	7	-	14	4	3	32	8	10
W	23	8	2	28	7	6	15	5	-
NW	20	5	-	20	5	4	11	8	-
Результуючий вітер	направлення, у румбах	WS W		направлення, у румбах	W		направлення, у румбах	SW	
	швидкість, м/с	8		швидкість, м/с	7		швидкість, м/с	9	

Продовження табл. 2.7

1	2		3		4	
Максимальна швидкість вітру, м/с	спостережена	12	спостережена	14	спостережена	14
	розрахункова	16	розрахункова	16	розрахункова	16
Повторюваність штилів, %	0		5		2	
Схема «рози вітрів»						

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

Характеристики за ділянками		Південне узбережжя Африки	Індійський океан	Південно-Китайське море
1		2	3	3
Температура повітря, °С		26	27	26
Температура води, °С		24	25	25
Відносна вологість, %		74	80	85
Повторюваність туманів, %		3	6	1
Видимість менше 2 міль		3	1	8
Хмарність, бали		6	2	2
Солоність води, ‰		35	35	33
Щільність води, г/см ³ (або кг/м ³)		1.024	1.024	1,024
Постійні течії	назва	Миса Голковий	Пасатне	---
	термодинамічна характеристика	тепла	тепла	
	направлення	SSW	W	

Продовження табл. 2.8

1		2	3	4
	швидкість, вузл.	2-3	0.5-1	
	стійкість	70-80	50-75	
Швидкість приливних течій, вузл.		0,5	0,5	
Висота хвиль, м	середня	3	2	2
	максимальна	7	6	6
Період хвиль, с		5	5	5

2.2.3. Збір та аналіз навігаційної інформації при прибрежному плаванні

Підхід до берега з моря справедливо вважається найбільш відповідальною частиною плавання: більш 60% усіх навігаційних аварій відбувається саме при підходах до берега. У такій обстановці вільний простір вод, як правило, скорочується і часто переходить у досить вузькі й обмежені водяні простори.

Велику допомогу безпеці мореплавання в такій обстановці роблять штучно споруджені і раціонально встановлені ЗНЗ, які підвищують точність навігаційного визначення місця судна та зменшують час, необхідний для визначення об'єктів спостереження берега загальної конфігурації берега.

Плавучі ЗНЗ не можуть служити об'єктами для точного визначення місця судна. Однак їхнє розміщення безпосередньо біля небезпек грають не менш важливу роль у забезпеченні безпеки прибережного плавання, а часом більш коштовну, чим стаціонарні ЗНЗ.

Усестороннє вивчення району плавання виконується всім судноводійним складом судна перед його першим плаванням по маршруту або після тривалої перерви. Особливо ретельно вивчаються райони з обмеженими умовами плавання і підходи до портів.

Порт Річардс-Бей: 28°49' S, 032°03'E [14].

Розташування: Порт Річардс-Бей розташований на східному узбережжі Південної Африки, на відстані приблизно 165 кілометрів на північний схід від адміністративного центру провінції Пітермаріцбург. Порт Річардс-Бей з обох сторін захищен хвилеломом.

Загальний огляд: Порт розташований у природній гавані з глибиною у головному вхідному каналі понад 23,0 м.

Щільність води біля причалів порту: 1,025 кг / м³;

Основним експортом є залізні руди, свинець, сталевий прокат, мідні та цинкові рудні концентрати, граніт, антрацит, чавун, сіль та морожена риба.

Вантажообробка (Richards Iron Ore Terminal): конвеєр – до 38000 тон /доба;

Робочий час: Цілодобово за винятком обідньої перерви щодня з 11:00 до 12:00, вихідні дні 25 грудня, 1 січня, 25 липня.

Підходи: глибина навігаційного каналу - 23,7м, ширина - 400м, поворотний басейн, розташований в напрямку моря від діаметру 580 м, глибина - 23,2м.

Провідні вогні виставляються з структури 0.4 милі на пів.схід Маркусового острова і від Головної конструкції рудного завантажувального причалу, 0.6 милі далі на пів.схід. Передній провідний вогонь виставляється лише у випадку суден які використовують провідну лінію. Вогні в рядку, що несуть 056 °, ведуть до другої пари головних вогнів, що розташована на відстані 800 м, розташована на відстані 0,4 милі на ESE від Lynch Point. Ці вогні в ряд, несучи 080 ° ведуть в затоку через вхідний канал.

Ракон передає з заднього маяка. Східний світловий буй (жовтий, кулястий) пришвартований на створній лінії 2 милі на WSW переднього ведучого вогня.

Лоцманська проводка обов'язкова. Лоцманський трап 1 метр від води. Суда повинні відіслати звіт до лоцмана за 72 години до прибуття і потім після надання часового нотіса до Капітану Порту , зв'язатися з «Port Operations», по VHF на 16 каналі

Місце прийому лоцмана: судна 5 милі на WSW North Head Light (33° 06,4'S 017° 49,9'E).

Операції з вертольотом: за певних умов це може бути необхідним для того, щоб лоцмана доставили на вертольоті.

Використання вертольота:

1. Відхід – якщо надводний борт судна перевищує 9 м.
2. Якщо судно необхідно вивести з причалу через погану погоду
3. Середній рівень зибі понад 2 м.
4. Прискорити судноплавні рухи, за погодженням з Капітаном порта.
5. Навантажені танкери

Документи необхідні для оформлення приходу/відходу:

Crew List

Crew's Effects Declaration

Dangerous Goods Manifest

General Declaration

Maritime Declaration Of Health

Money Declaration

Notification In Advance

Passenger List

Schedule To The Deceleration

Ship's Stores Declaration

Vaccination List

План порту Річардс-Бей представлено на рис. 2.1.

Порт Чжаныцзян: 21° 11' N, 110° 25' E [14].

Розташування: Чжаныцзян розташований на південно-західному узбережжі провінції Гуандун, навпроти острова Хайнань (їх розділяє протока Цюнчжоу). Більшість території округу лежить на острові Лейчжоу.

Загальний огляд: Порт має можливості для обслуговування пасажирів, навалочних, наливних та генеральних вантажів.

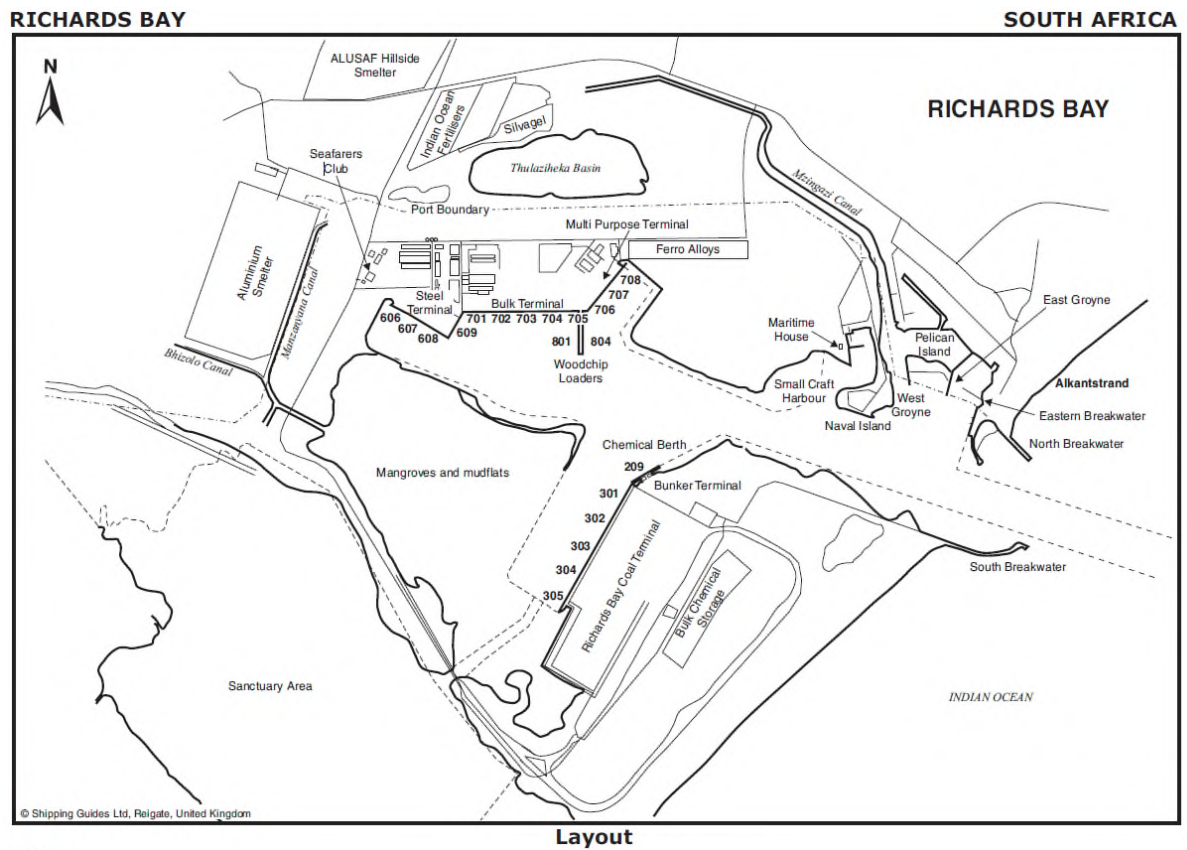


Рисунок 2.1 – План порту Річардс-Бей

Імпорт: цемент, марганцева руда, глинозем, вугілля. Експорт: титанова руда.

Максимальні розміри судна спосібного увійти в порт: 325 метрів;

Максимальна осадка: 22,2 метра;

Щільність води біля причалів порту: 1,018 кг/м³(морська вода);

Вантажообробка: 3 порталних крана продуктивністю 1510 контейнерів на добу; Робочий час: Цілодобово за винятком обідньої перерви щодня з 12:00 до 13:00, вихідні дні 21 серпня, 9 вересня, +1 січня.

Навігаційні Карті: ВА 3892. Адміралтейські публікації NP30, NP286 (6).

Підходи: Західний канал: довжина фарватера становить 13,2 милі з максимальною шириною 110 м. Глибина фарватера становить 6,6 м, при максимальній осадці судна 9,4 м.

Східний канал: в східній частині Чжаныцзян створено новий канал довжиною 21 милі із мінімальною глибиною 8,9 м, шириною 120 м, а максимальна

осадка суден - 12,2 м.

Судна до 100.000DWT можуть входити або виходити під час сприятливих умов припливу. Для задоволення суттєвого зростання зони порту створюється новий навігаційний канал шириною 320 метрів глибиною 25м.

Лоцманська проводка обов'язкова і доступна протягом 24 годин. Місця прийому лоцмана на наступних позиціях:

1. Західний канал: 21° 30,3'N 108 ° 32,5'E

2. Східний канал: 21° 28.6'N 108 ° 38.5'E

Приливи: MHWS 5.6m, MLWS 0.08m. У каналі SW нового порту встановлено NW на припливі зі швидкістю до 3 вузлів і SE на відливній хвилі зі швидкістю 2.7 вузла.

Щільність води : 1018 (HW), 1014 (LW).

Погода: сильні тропічні шторми або тайфуни можуть впливати на порт в середньому двічі на рік. Дощовий сезон - з червня до серпня.

Туман: найчастіше трапляється з січня по березень, 5-6 днів щомісяця.

Лід: без льоду та без вологості протягом усього року.

Основні навігаційні засоби: Damiaodun Light (21м в висоту) (21°35.5'N 108° 44.5'E).

Обмеження: у головному каналі працює односторонній трафік, і обгон заборонено.

Буксири: доступні два буксири і по 2600 кінських сил.

Документи: Морське міністерство (прибуття): мають бути представлені в Центральне морське бюро морської Адміністрації протягом 24 годин з моменту прибуття:

1 Arms and Ammunition (Nil)

1 Certificate of Fitness for the Carriage of Dangerous Chemicals in Bulk

1 Document of Compliance

1 General Declaration (Arrival Form MO618) †

1 International Air Pollution Prevention Certificate

1 International Load Line Certificate

- 1 International Oil Pollution Prevention Certificate
- 1 International Sewerage Pollution Prevention Certificate
- 1 International Ship Security Certificate
- 1 International Tonnage Certificate
- 1 Mail Manifest
- 1 Passenger Ship Safety Certificate
- 1 Radioactive Substance Manifest
- 1 Registry Certificate
- 1 Safety Management Certificate
- 1 Ship Safety Construction Certificate
- 1 Ship Safety Equipment Certificate
- 1 Ship Safety Radio Certificate
- 1 Ship's Articles

План порту Чжаныцзян представлено на рис. 2.2.

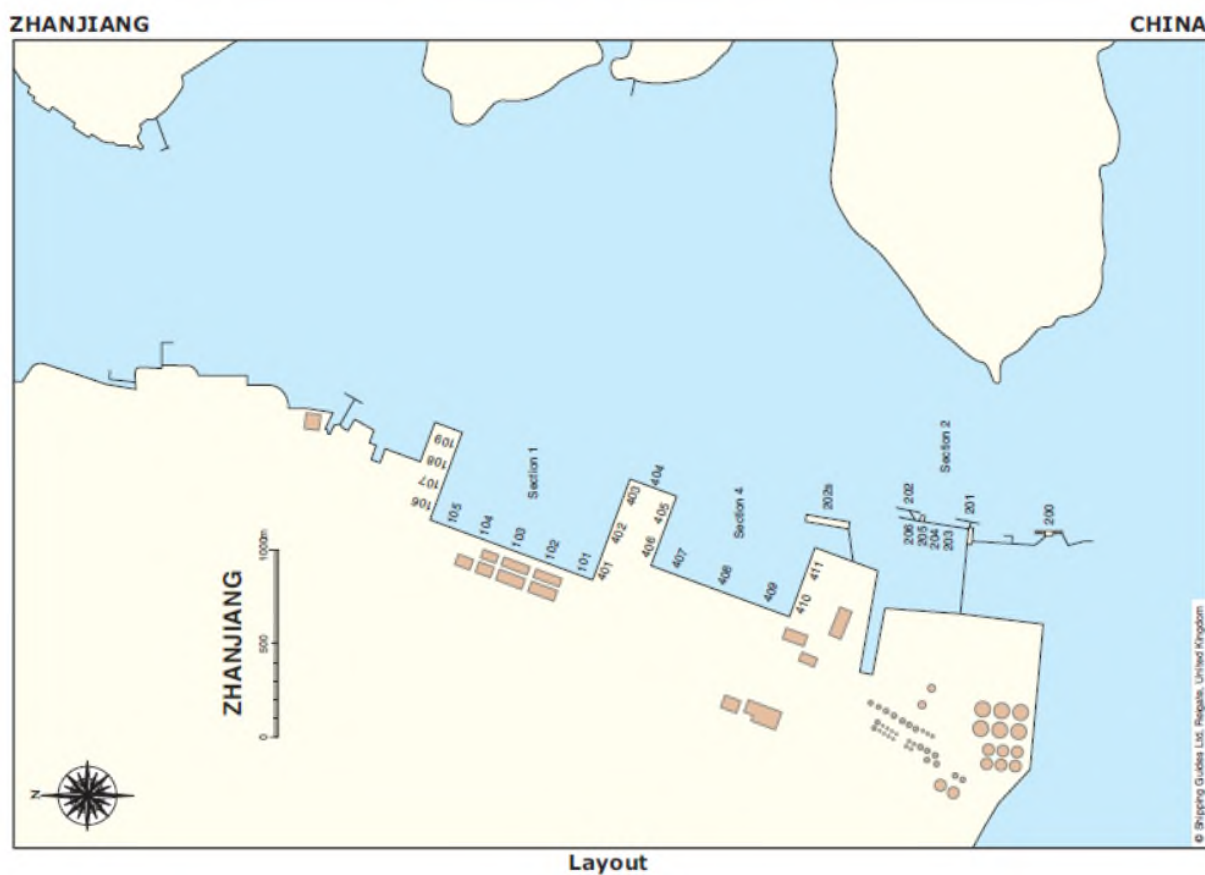


Рисунок 2.2 – План порту Чжаныцзян

Засоби навігаційного обладнання в районі Індійського океану нечисленні. Найкраще ними забезпечено узбережжя Кенії. На іншому ділянці переходу з урахуванням особливостей даного рейсу доступних засобів навігаційного обладнання немає, тому обсервацію необхідно виконувати за допомогою GPS і астрономічними методами.

Таблиця 2.9 – Засоби навігаційного обладнання [15]

№	Name	Position		Characteristics	Range миль
		φ	λ		
1	2	3	4	5	6
1	North head	28°48.025S	032°02.652E	Fl (3) W 20s	23
2	South head	28°48.625S	032°03.846E	Fl (4) W 30s	24
3	T. Waton	06°36.761S	105°06.017E	Fl W 6s	14
4	T. Parat	06°31.617S	105°15.990E	Fl W 4s	16
5	P. Rakata	06°09.736S	105°27.528E	Fl W 4s	12
6	P. Panjurit	05°53.031S	105°47.107E	Fl(3) W 8s	18
7	P. Temperung	05°54.018S	105°55.879E	Fl W 3s	13
8	P. Sebaru Besar	05°31.361S	106°33.003E	Fl(2) W 10s	8
9	Beting Eka	05°31.361S	106°33.003E	Fl(2) W 10s	8
10	Pulao Serutu	01°43.086S	108°41.716E	Q(3) W 10s	36
11	P. Pejantan	00°06.161N	107°13.607E	Fl W 6s	25
12	P. Tokong-ktmudi	00°55.658N	106°44.033E	Fl W 5s	12
13	Pulau Midai	02°59.629N	107°46.346E	Fl(2) W 20 s	26
14	Subi Kecil	03°03.007N	108°50.756E	Fl W 5s	24
15	Ladd Reef	08°38.651N	111°39.044E	Fl W5 s	16
16	Mui Rach Trang	12°11.529N	109°20.35 E	Fl(3) W 10s	26
17	Yingge Zui	18°30.364N	108°41.420E	Fl(2) W 10s	22
18	Damiaodun	21°35.500N	108°44.507E	Fl W 4s	16

2.3. Навігаційні розрахунки для забезпечення безпеки плавання

2.3.1. Розрахунок ортодромії

Для переважної більшості судів основними критеріями при виборі їх оптимального шляху є безпеку плавання і мінімум часу переходу, що становить базу ефективної роботи морського транспорту.

Коли траса майбутнього плавання включає в себе трансокеанський перехід, вплив погоди і стан моря набувають особливо важливе і нерідко основне значення при виборі найвигіднішого шляху судна. При здійсненні такого вибору виникає потреба задовольнити найрізноманітніші запити - перехід повинен бути безпечним, економічним, протікати в бажані терміни і при найбільш сприятливих зовнішніх умовах. Найвигідніший шлях судна з однієї точки земної поверхні в іншу збігається з найкоротшим відстанню між цими точками, тобто з дугою великого кола (ДВК).

Основними критеріями при виборі оптимального шляху будемо вважати безпеку плавання й мінімум часу переходу, що становлять базу ефективної роботи морського транспорту.

Критерії вибору шляхи нерозривно пов'язані з конкретними умовами майбутнього переходу – вітром і хвилюванням, опадами й видимістю, плинами й льодами й т.п., кожне з яких виявляє більший або менший вплив на оптимальність того або іншого маршруту

Однак не залежно від того, який шлях буде обґрунтовано обраний, необхідно виконати розрахунки по ортодромії. Для цього знаходять довжину локсодромії і ортодромії, а потім виконують порівняння їх. Це роблять за допомогою таблиці 23-6 МТ-75 або за формулами [16]:

$$S = \frac{PШ}{\cos K} \quad (2.1)$$

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

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

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

Рівняння ортодромії для нанесення на меркаторську карту:

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

де λ_0 – довгота точки перетину екватора ортодромії;

K_0 – кут між меридіаном і ортодромією на екваторі.

У переході міститься трансокеанський перехід.

($\varphi_1 = 26^\circ 07,3' \text{ S}$ $\lambda_1 = 046^\circ 13,2' \text{ E}$; $\varphi_2 = 06^\circ 15,6' \text{ N}$ $\lambda_2 = 094^\circ 42,6' \text{ E}$;)

Перш ніж приймати рішення про плавання по ортодромії необхідно розрахувати доцільність плавання саме таким способом. Для цього знаходять довжину локсодромії і ортодромії, а потім виконують порівняння їх. Це роблять за допомогою таблиці 23-6 МТ-75 або за формулами.

Розрахунки ведемо в табл. 2.10 і 2.11.

Таблиця 2.10 – Розрахунок локсодромії

фк	06°15,6' N	МЧ	373, 8	λк	094°42,6 E	К	55,7°
фн	26° 07,3' S	МЧ	-1614,5	λн	046°13,2' E	S	3428,4
РШ	32°22,9'к N	РМЧ	1988,3	РД	048°29,4'к E		

Таблиця 2.11 – Розрахунок ортодромії

$\sin \varphi_1 \cdot \sin \varphi_2$	+	-0,04801
$\cos \varphi_1 \cdot \cos \varphi_2 \cdot \cos(\lambda_2 - \lambda_1)$	+	0,59151
$\cos D$		0,54350
D		3424,7

$$\lambda_o = \frac{(\lambda_k + \lambda_n)}{2} - a \tan \left[\operatorname{tg} \left(\frac{\lambda_k - \lambda_n}{2} \right) \cdot \sin(\varphi_k + \varphi_n) \cdot \operatorname{cosec}(\varphi_k - \varphi_n) \right] \quad (2.6)$$

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

Результати розрахунків заносимо в табл. 2.12.

Таблиця 2.12 – Поворотні точки ортодромії

№	λ_i	φ_i	Курс	Відстань
Start	046° 13,2' E	26° 07,3' S	—	—
	050° 00,0' E	24° 16,779' S	061,8 °	233,38 nm
1	060°00,0' E	18° 40,976' S	059,1 °	651,74 nm
2	070°00,0' E	12° 07,533' S	055,9 °	699,31 nm
3	080°00,0' E	04° 51,358' S	053,8 °	735,83 nm
4	090°00.0' E	02° 43,320' N	053,0 °	751,90 nm
End	094° 42,6' E	06° 15,6' N	053,2 °	352,51 nm

Висновок: При плаванні через Індійський океан різниця між локсодромією і ортодромії складе $3428,4 - 3424,7 = 3,7$ милі, оскільки різниця між локсодромією і ортодромією не істотна – 0,11% маршрут судна буде протікати по локсодромії.

2.3.2. Складання маршрутних листів

Відповідно до рекомендацій ІМО, при плануванні рейсу необхідно скласти маршрутні листи, які повинні лежати на штурманському столі. Безумовно, протягом рейсу в маршрутні листи вносяться необхідні зміни. Маршрутний лист приведено у табл. 2.13 [17].

2.3.3. Графічний план переходу

Результати навігаційного планування переходу оформляють у вигляді

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

Графічний план з нанесеними курсами судна, назвами портів відходу та заходу, основними течіями, розами вітрів наведений на рис. 2.3 [18].

2.3.4. Розрахунок природної освітленості

Розрахунки освітленості виконують двома послідовними наближеннями:

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

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

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

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

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

Місцевий час явища переводять у Грінвічний:

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

Грінвічний час явища переводять в судновий:

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

Таблица 2.13 – Маршрутный лист

BERTH TO BERTH PASSAGE PLAN Richards-Bay - Zhanjiang				Notes: 1* Berth, Anchor, Pilot Station, Point 'A'&'B', SECA Zone, etc. 2* Applicable only for ships using ECDIS, primary option 3* On Passage (FAOP); Stand By (SB); Hand Steering (HS); Auto Pilot (AP); Under Pilotage (P) / Manned (ER); Unmanned (UMS) 4* Applicable for None-ECDIS Ships only									
WP No.	1*Description	Ref. Point		Distance	Planned Speed	DTG	Position Fixing Method/Frequency		2* Channel Width	UKC	3* Bridge Status/ER Status		4* Charts
		Latitude or Distance	Longitude or Bearing										
0	Rich Bay Bulk Termin	28° 48.874' S	032° 02.998' E	XXXX	XXXX	6132,87 nm							4174
1	Turning Basin	28° 48.029' S	032° 03.389' E	0,91 nm	4,8 kt	6131,96 nm	VIS/GPS	3 min	0,30 nm	5,7	P/HS	ER	4174
2	Turning Basin	28° 47.991' S	032° 03.714' E	0,29 nm	4,8 kt	6131,67 nm	VIS/GPS	3 min	0,30 nm	5,7	P/HS	ER	4174
3	Rich Bay Pit	28° 49.750' S	032° 09.098' E	5,04 nm	7,6 kt	6126,62 nm	VIS/GPS	3 min	0,30 nm	13,6	HS	ER	4173
4	Madagascar Basin	25° 23.296' S	047° 05.072' E	825,43 nm	12,4 kt	5301,19 nm	VIS/GPS	30 - 60 min	1,00 nm	15,6	HS	ER	2777
5	Selat Aroih Raya	05° 34.214' N	095° 08.308' E	3362,94 nm	12,4 kt	1938,25 nm	GPS	30 - 60 min	1,00 nm	100	FAOP/AP	ER	2917
6	Malacca Strait	05° 41.205' N	095° 26.159' E	19,11 nm	12,4 kt	1919,14 nm	GPS	30 - 60 min	1,00 nm	100	FAOP/AP	ER	3919
7	Malacca Strait	05° 20.474' N	097° 31.831' E	127,01 nm	12,4 kt	1792,13 nm	GPS	20 min	0,50 nm	100	FAOP/AP	ER	3920
8	Malacca Strait	03° 50.578' N	099° 38.893' E	155,25 nm	12,4 kt	1636,88 nm	GPS	20 min	0,50 nm	100	FAOP/AP	ER	3921
9	Malacca Strait	02° 55.028' N	100° 45.077' E	86,24 nm	12,4 kt	1550,65 nm	GPS	20 min	0,50 nm	100	FAOP/AP	ER	1358
10	Malacca Strait	02° 36.509' N	101° 20.768' E	40,19 nm	12,4 kt	1510,46 nm	GPS	20 min	0,50 nm	100	FAOP/AP	ER	3947
11	Malacca Strait	02° 21.373' N	101° 41.226' E	25,42 nm	12,4 kt	1485,04 nm	VIS/GPS	20 min	0,50 nm	100	FAOP/AP	ER	3947
12	Malacca Strait	01° 54.481' N	102° 13.135' E	41,67 nm	12,4 kt	1443,37 nm	VIS/GPS	20 min	0,50 nm	100	FAOP/AP	ER	3947
13	Malacca Strait	01° 31.201' N	102° 58.563' E	51,05 nm	12,4 kt	1392,32 nm	VIS/GPS	20 min	0,50 nm	100	FAOP/AP	ER	3947
14	Malacca Strait	01° 09.804' N	103° 27.209' E	35,73 nm	12,4 kt	1356,59 nm	VIS/GPS	20 min	0,50 nm	100	FAOP/AP	ER	3947
15	Malacca Strait	01° 02.544' N	103° 38.996' E	13,84 nm	12,4 kt	1342,75 nm	VIS/GPS	20 min	0,50 nm	100	FAOP/AP	ER	3947
16	Malacca Strait	01° 06.692' N	103° 44.663' E	7,02 nm	12,4 kt	1335,73 nm	VIS/GPS	20 min	0,50 nm	100	FAOP/AP	ER	3947
17	Malacca Strait	01° 08.478' N	103° 46.123' E	2,30 nm	12,4 kt	1333,43 nm	VIS/GPS	20 min	0,50 nm	100	FAOP/AP	ER	3947
18	Malacca Strait	01° 14.337' N	103° 58.437' E	13,64 nm	12,4 kt	1319,79 nm	VIS/GPS	20 min	0,50 nm	100	FAOP/AP	ER	3947
19	Malacca Strait	01° 16.929' N	104° 19.781' E	21,53 nm	12,4 kt	1298,26 nm	VIS/GPS	20 min	0,50 nm	100	FAOP/AP	ER	3947
20	Malacca Strait	01° 24.919' N	104° 28.829' E	12,06 nm	12,4 kt	1286,20 nm	VIS/GPS	20 min	0,50 nm	100	FAOP/AP	ER	3947
21	South China Sea	10° 15.167' N	109° 21.070' E	602,61 nm	12,4 kt	683,59 nm	GPS	30 - 60 min	1,00 nm	100	FAOP/AP	ER	103
22	South China Sea	19° 52.326' N	111° 11.761' E	584,59 nm	12,4 kt	99,00 nm	GPS	30 - 60 min	1,00 nm	100	FAOP/AP	ER	103
23	South China Sea	20° 18.175' N	111° 06.845' E	26,16 nm	12,4 kt	72,84 nm	VIS/GPS	30 - 60 min	1,00 nm	100	FAOP/AP	ER	3892
24	Zhanjiang Pit Stat	21° 02.396' N	110° 43.117' E	49,36 nm	12,4 kt	23,48 nm	VIS/GPS	30 - 60 min	0,50 nm	100	FAOP/AP	ER	3348
25	Zhanjiang Chanel	21° 03.069' N	110° 36.961' E	5,80 nm	10,0 kt	17,68 nm	VIS/GPS	6 min	0,50 nm	100	FAOP/AP	ER	3348
26	Zhanjiang Chanel	21° 05.269' N	110° 31.367' E	5,67 nm	10,0 kt	12,01 nm	VIS/GPS	6 min	0,50 nm	15,1	FAOP/AP	ER	3348
27	Zhanjiang Chanel	21° 04.474' N	110° 27.711' E	3,51 nm	10,0 kt	8,50 nm	VIS/GPS	6 min	0,50 nm	13,4	FAOP/AP	ER	3348
28	Zhanjiang Chanel	21° 08.196' N	110° 24.660' E	4,68 nm	10,0 kt	3,82 nm	VIS/GPS	6 min	0,30 nm	13,4	HS	ER	3348
29	Zhanjiang Chanel	21° 09.531' N	110° 24.638' E	1,33 nm	7,6 kt	2,49 nm	VIS/GPS	3 min	0,30 nm	3,7	HS	ER	3348
30	Zhanjiang Chanel	21° 11.045' N	110° 25.313' E	1,64 nm	4,8 kt	0,85 nm	VIS/GPS	3 min	0,30 nm	3,5	P/HS	ER	3349
31	Berth	21° 11.897' N	110° 25.215' E	0,85 nm	4,8 kt	0,00 nm	VIS/GPS	3 min	0,30 nm	3,4	P/HS	ER	3349

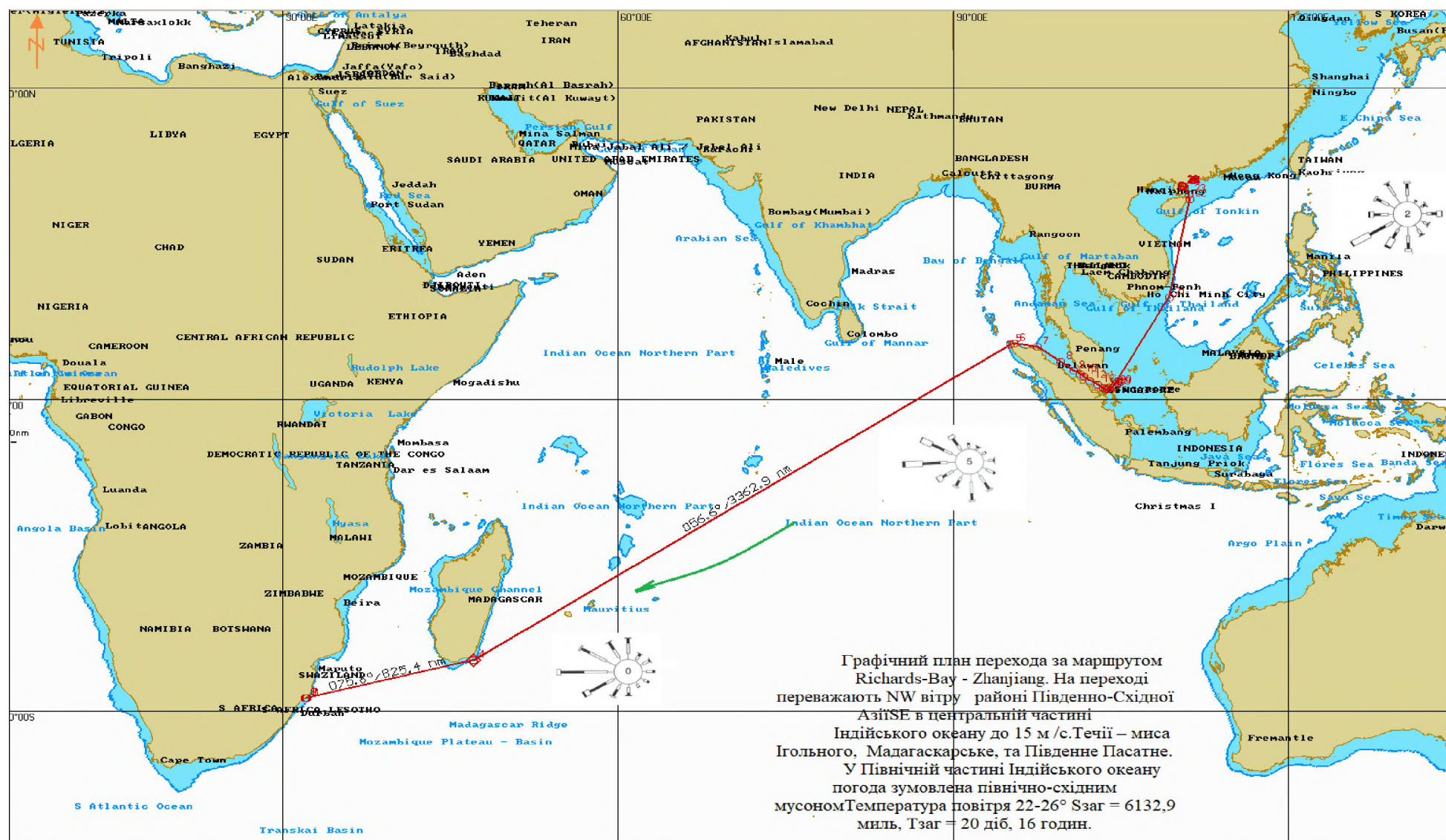


Рисунок 2.3 – Графічний план переходу

У табл. 2.14 приведено елементи освітленості на початок, середину та кінець рейсу.

Наведемо приклад розрахунку елементів освітленості на 15.01.2024.

$\varphi = 33^\circ 02.' \text{ S N}$, $\lambda = 017^\circ 59' \text{ E}$ по Nautical Almanac 2024 [19].

Twilight		Sunrise		Sunset		Twilight	
LMT	04 29	LMT	05 26	LMT	18 57	LMT	19 55
$+\Delta T_\varphi$	2	$+\Delta T_\varphi$	2	$+\Delta T_\varphi$	2	$+\Delta T_\varphi$	2
$+\Delta T_\lambda$	-	$+\Delta T_\lambda$	-	$+\Delta T_\lambda$	-	$+\Delta T_\lambda$	-
C. MT	04 31	C. LMT	05 28	C. LMT	18 59	C. LMT	19 57
$\pm \lambda$	- 01 12	$\pm \lambda$	- 01 12	$\pm \lambda$	- 01 12	$\pm \lambda$	- 01 12
GMT	03 19	GMT	04 16	GMT	17 47	GMT	18 45
$\pm \text{ZD}$	+ 1	$\pm \text{ZD}$	+ 1	$\pm \text{ZD}$	+ 1	$\pm \text{ZD}$	+ 1
ZT	04 19	ZT	05 16	ZT	18 47	ZT	19 45

Таблиця 2.14 – Елементи освітленості

Date	Twilight	SUN				Twilight	MOON		
		Sunrise ZT	Z	Sunset ZT	Z		Moonrise ZT	Age	Moonset ZT
15.01	04.19	05.16	109	18.47	251	19.45	07.21	3	20.29
22.01	05.28	06.18	104	19.05	256	19.55	15.11	10	01.34
05.02	05.05	05.51	100	18.00	260	18.46	21.25	18	09.00

2.3.5. Розрахунок висот приливів та побудова графіків приливів

У будь-якому пункті Землі рівень моря постійно змінюється. Регулярні коливання рівня викликаються: приливо утворюючими силами Місяця і Сонця (приливні коливання); періодично змінюються вітрами; річним ходом

опадів; випаровуванням; стоком континентальних вод (сезонні коливання) та ін. Випадкові коливання рівня відбуваються під впливом не періодично мінливого вітру, від різкої зміни атмосферного тиску.

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

Розрахунки припливів виконується за допомогою АТТ [20].

Приклад надається в табл. 2.15 та 2.16.

Таблиця 2.15 – Приливні явища в порту Річардс-Бей

Standard Port	Cape Town				
Secondary Port	Richards-Bay				
Standart Port	TIME		HEIGHT		RANGE
	HW	LW	HW	LW	
	0:22	6:36	1,4	0,6	0,8
Seasonal Change	Standart port		0	0	
DIFFERENCES	0:1	0:0	-0,1	0	
Seasonal Change	Secondary Port		-0,1	-0,1	
SECONDARY PORT	0:23	6:36	1,2	0,5	
Duration	6:13				

Standart Port	TIME		HEIGHT		RANGE
	HW	LW	HW	LW	
	12:44	19:13	1,5	0,4	1,1
Seasonal Change	Standart port		0	0	
DIFFERENCES	0:1	0:0	-0,1	0	
Seasonal Change	Secondary Port		-0,1	-0,1	
SECONDARY PORT	12:45	19:13	1,3	0,3	
Duration	6:28				

Таблиця 2.16 – Приливні явища в порту Чжаныцзян

Standard Port	Beihai Gang				
Secondary Port	Zhanjiang				
Standart Port	TIME		HEIGHT		RANGE
	HW	LW	HW	LW	
	7:31	0:52	4,2	1,9	2,3
Seasonal Change	Standart port		0	0	
DIFFERENCES	0:12	0:13	-0,1	0,2	
Seasonal Change	Secondary Port		-0,1	-0,1	
SECONDARY PORT	7:43	1:05	4,0	2,0	
Duration	6:38				

Standart Port	TIME		HEIGHT		RANGE
	HW	LW	HW	LW	
	21:17	15:37	3,3	1,3	2
Seasonal Change	Standart port		0	0	
DIFFERENCES	0:12	0:13	-0,1	0,2	
Seasonal Change	Secondary Port		-0,1	-0,1	
SECONDARY PORT	21:29	15:50	3,1	1,4	
Duration	5:39				

Результати розрахунків представлені в графічній формі на рис. 2.4-2.5.

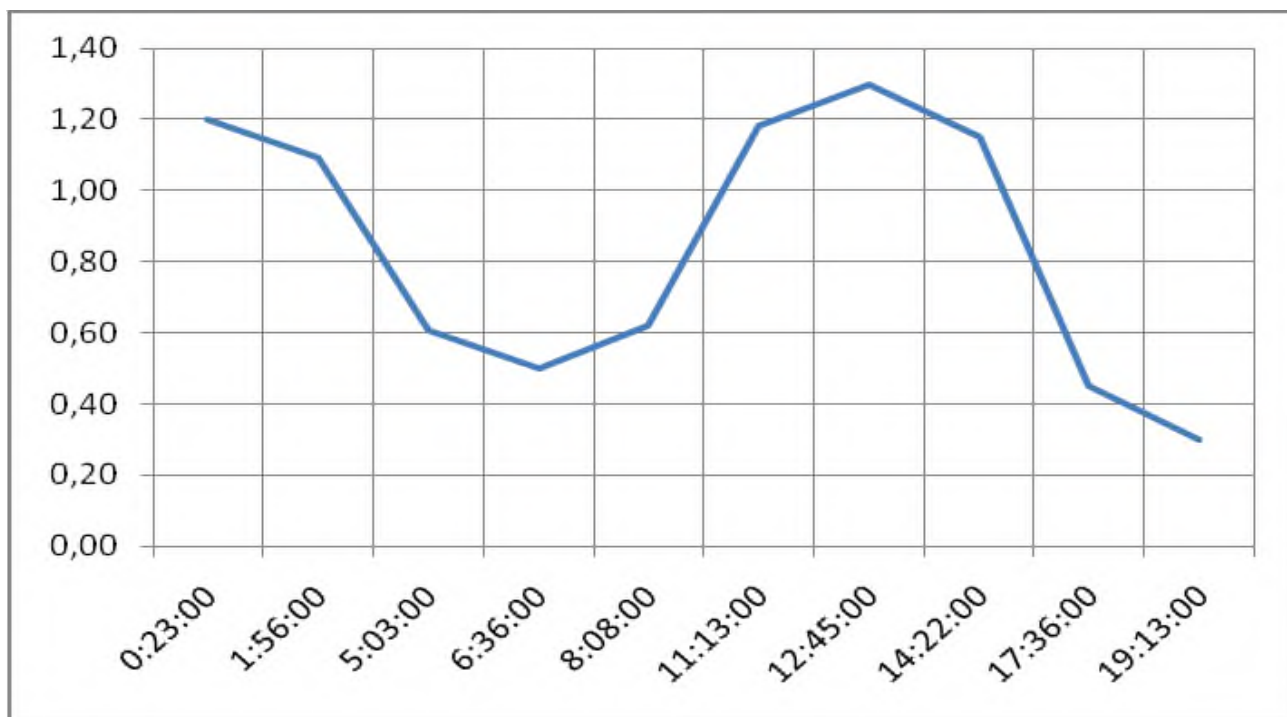


Рисунок 2.4 – Графік приливів в порту Річардс-Бей

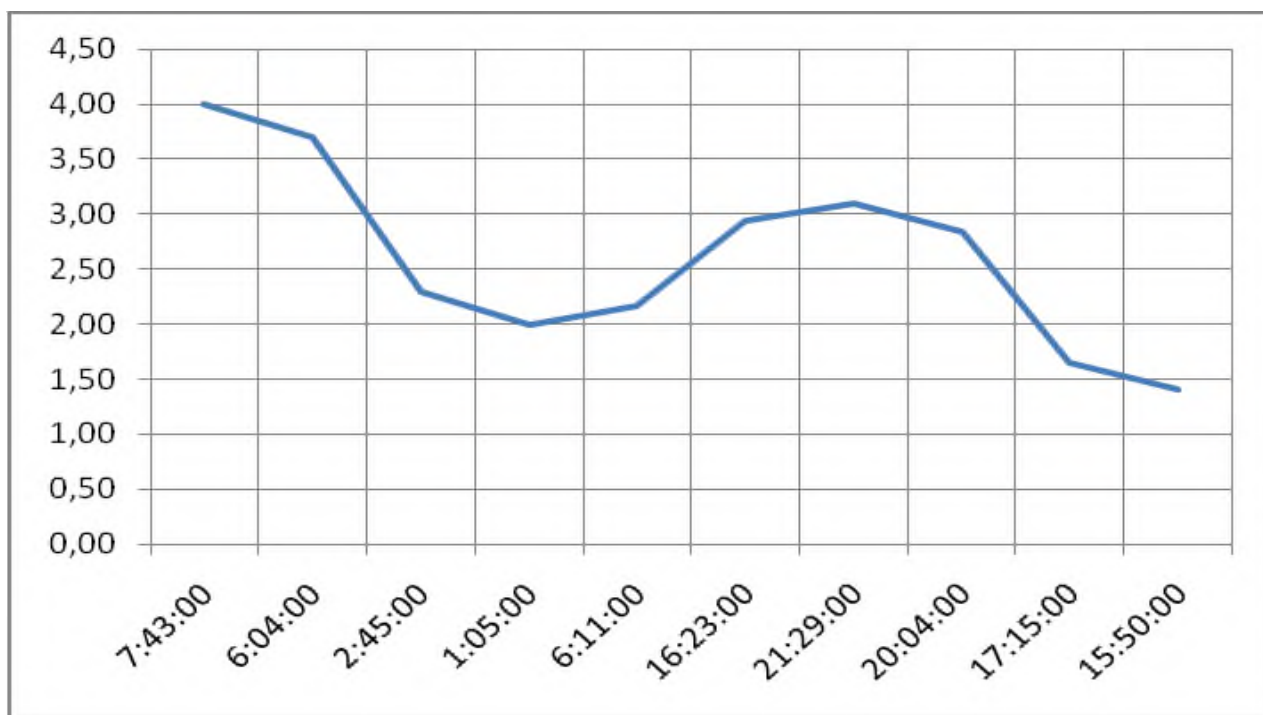


Рисунок 2.5 – Графік приливів в пору Чжаныцзян

2.4. Висновки

В результаті написання даного розділу були виконані розрахунки та аналіз інформації які сприятимуть підвищенню безпеки плавання та мінімізації аварій спричинених помилковим вибором маршруту переходу та засобів отримання навігаційної інформації.

В ході виконання розділу були обрані безпечні курси плавання згідно з порою року. Загальна довжина переходу складе 6132,9 милі. Вихід з порту Річардс-Бей планується 15 січня, прибуття до порту Чжаныцзян – 5 лютого. Розрахункова тривалість рейсу – 20 діб 16 годин.

РОЗДІЛ 3

ОБРОБКА ТА РОЗМІЩЕННЯ ВАНТАЖІВ

3.1. Транспортні характеристики вантажів

В даному розділі описаний один з етапів підготовки до розрахунку вантажного плану – це опис транспортних характеристик і властивостей вантажів, що впливає на правильний облік і як результат сприяє забезпеченню безпеки плавання суден, своєчасній їх доставці [2, 21].

Перевезення навалювальних вантажів регламентується наступними міжнародними документами [22-29]:

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

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

- International Maritime Dangerous Goods Code (IMDG Code);

- International Maritime Solid Bulk Cargoes Code (IMSBC Code);

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

В рейсовому завданні балкера «Francesco Corrado» представлений вантаж – вугілля в кількості 71955,3 т.

Вугілля представляє собою природний, твердий, горючий матеріал, що складається з аморфного вуглецю і вуглеводню. Вантаж утворює пил, надзвичайно гігроскопічний, схильний до самонагрівання і самозаймання, підвищена температура і вологовміст активізує ці процеси [24].

Вугілля може безпечно перевозиться, якщо воно обробляється, вантажиться і укладається правильно та відповідно до рекомендацій IMSBC Code.

Основні небезпеки, пов'язані з перевезенням вугілля [25]:

1. Потенційне самонагрівання, в екстремальних випадках самозаймання;
2. Потенційне виділення метану (вибухонебезпечний газ);

3. Потенційна причина корозії суднового набору.

Для вантажів, описаних як «піддані самонагріванню» вентиляція повинна бути зведена до мінімуму. Необхідно вести постійний моніторинг температури у вантажних приміщеннях. Очевидність самозаймання можна визначити на ранніх стадіях шляхом виміру карбон монооксида (CO).

Вугілля постійно виділяє метан, що у суміші з повітрям є вибухонебезпечним, необхідно приймати необхідні запобіжні заходи:

1. Попередження, що забороняють паління і використання відкритого вогню в місцях, де можливе утворення метану;

2. Електроустаткування поблизу вантажних приміщень повинне бути ізольоване;

3. Необхідно мати на борту освітлювальні прилади, призначені для роботи у вибухонебезпечних приміщеннях.

Деякі види вугілля, в основному з високим змістом сірки, можуть вступати в реакцію з водою і створювати розчин, що приводить до корозії корпусу судна. Цей ризик контролюється шляхом виміру рівня Р (рівня кислотності / лужності) у льяльних колодязях.

Самозаймисті речовини. Вугілля, пред'явлене до перевезення, повинно бути досить термооброблено і охолоджені перед завантаженням.

Небезпечні вантажі. КЛАС 4.2. Деякі види вугілля (неактивоване, пройшовши спеціальні випробування і мають сертифікат про це) можуть не відноситись до класу 4.2. Вугілля, що не відносяться до класу 4.2 можуть за погодженням з перевізником пред'являтися до морського перевезення навалом; відносяться до вантажів, небезпечних при перевезенні навалом [25].

В даному рейсі вантаж перевозиться навалом. Включені в список вантажів, перераховані в групах А або В (залежно від властивостей). Може виділяти метан, займистий газ; суміш метану з повітрям, що містить 5-16% метану, може призвести до вибуху в атмосфері вантажного приміщення або суміжних приміщень від впливу іскри або відкритого полум'я, запалений сірник або сигарета.

Оскільки метан легший за повітря, він може накопичуватись у верхніх частинах вантажного приміщення або інших закритих або погано вентиляованих приміщеннях. Якщо проникність переборок, що обмежують вантажне приміщення, порушена, метан може проникнути в службові або житлові суміжні приміщення.

Вугілля може окислюватися, викликаючи зниження вмісту кисню і зростання вмісту діоксиду вуглецю в атмосфері вантажного приміщення. Деякі види вугілля мають схильність до самонагрівання, що може призвести до їх самозаймання у вантажному приміщенні. Можливе утворення самозаймистих і отруйних газів, включаючи оксид вуглецю. Це газ, не має запаху, трохи легший за повітря, має межі займання 12-75% на об'єм. Токсична при вдиханні і має здатність впливати на вміст гемоглобіну в крові з інтенсивністю, що перевищує інтенсивність впливу кисню в 200 разів. Деякі вугілля схильні вступати в реакцію з водою і утворювати кислоти, які можуть викликати корозію. Можливо також утворення займистих і отруйних газів, таких як водень. Він не має запаху, набагато легше повітря, межі його запалення в повітрі складають 4-75% на об'єм. Кут природного укосу – 35° [25].

Рекомендується передбачити засоби для вимірювання температури вантажу в діапазоні від 0 °C до 100 °C, що дозволяє вимірювати температуру вантажу при завантаженні і під час рейсу, не вимагаючи входу в вантажний простір. Атмосфера в просторі над вантажем в кожному приміщенні повинна регулярно контролюватися. Деталі газового моніторингу і результати моніторингу повинні бути записано в судновий журнал. Частота моніторингу повинна визначатися на основі інформації наданої вантажовідправником і інформації, отриманої в результаті аналізу атмосфери в вантажному просторі.

Капітан повинен забезпечити, щоб закриті робочі місця, такі як складські приміщення, столярні майстерні, проходи, тунелі і т.п. регулярно перевіряються на наявність метану, кисню і оксиду вуглецю. Такі приміщення повинні бути належним чином провентильовані.

Документи, які були використані в процесі збору інформації що до транспортних властивостей вантажу і правил їх перевезки:

1. Декларація о вантажу.
2. Сертифікат о характеристиці вантажу на момент вантаження.
3. Міжнародний кодекс морського перевезення навалочних вантажів.

Норми завантаження цього вантажу, як правило, дуже високі. Належна увага повинна бути приділена операція баластування для розробки плану завантаження, що вимагається правилом VI / 7.3 SOLAS-74. Осушувальні колодязі повинні бути чистими, сухими та захищеними, якщо це необхідно, щоб запобігти попаданню вантажу [27].

На підставі наведеної інформації по вантажу представимо в табл. 3.1 його транспортні характеристики.

Таблиця 3.1 – Транспортні характеристики

Назва вантажу	IMSBC Code			IMDG Code	Норми вантажних робіт, т/добу	
	Група	Питомий вантажний об'єм, м ³ /т	Кут природного укосу, °			
Вугілля	A (B)	1,2176	35	4,2	12000	14000

Група А складається з вантажів, які можуть розріджуватись при транспортуванні з вмістом вологи, що перевищує їх транспортну межу вологості.

Група В складається з вантажів, які володіють хімічною небезпекою, яка може привести до небезпечної ситуації на судні.

Документи, які були використані в процесі збору інформації що до транспортних властивостей вантажу і правил їх перевезки:

1. Декларація про вантаж.
2. Сертифікат о характеристиці вантажу на момент завантаження.
3. Міжнародний кодекс морського перевезення навалювальних вантажів.

При описанні транспортних характеристик вантажу і правил їх перевезення використовують наступні документи: Сертифікат характеристик вантажу на момент завантаження (Certificate of Transport Characteristics of cargo at the Moment of Loading); Довідка про відбір проб для визначення сертифікуємих параметрів (Certificate about sampling procedure to define certified parameters); Декларація транспортних характеристик і умов безпечного морського перевезення навалювального вантажу (Declaration of the Transportation Characteristics and Conditions for the Safe Carriage of Bulk Cargo).

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

Номенклатура, властивості вантажів, характеристики вантажних приміщень і умови майбутнього рейсу зумовлюють підготовку судна. Всі вантажні пристрої судна повинні бути повністю підготовлені до прийому вантажу, обумовленого в договорі морського перевезення. Взаємна інформація судна і порту призначення про час прибуття і про вантаж дозволить скоротити стоянку судна в порту і своєчасно підготувати вантажні пристрої судна і причал порту до вантажних операцій [30].

У попередній інформації Капітан повинен повідомити відомості про осадку судна, кількість вантажу і розподіл його по трюмах або танках, наявності палубного вантажу, найменування вантажоодержувачів, справність суднових перевантажувальних засобів, а також про всі потреби судна в паливі, воді, продуктах, необхідному ремонті та інших потребах судна, задоволення яких входить в обов'язки порту. Приведення трюмів, у відповідне для даного вантажу стану починається з очищення залишків раніше перевезеного вантажу, прибирання сміття. Далі підготовка ведеться залежно від особливостей вантажу, підготовленого до перевезення. До завантаження вантаж повинен надаватися сухим, л'яла повинні бути висушені і захищені від розсипу вантажу. Попадання вантажу в стічні колодязі приводить їх в непридатність. Що

стосується підготовки до завантаження трюмів описуваного судна, то вона проводилася наперед на баластному переході з порту вивантаження.

Всі електричні кабелі і їх компоненти, розташовані в вантажних приміщеннях і прилеглого до них простору мають бути перевірені на наявність дефектів. Такі кабелі та електричні компоненти повинні бути безпечними для використання в вибухонебезпечній атмосфері або ізолювані. Положення цього пункту не повинні застосовуватися до машинного відділення, де машинне відділення відокремлене від вантажного простору газонепроникним перебиранням без прямого доступу [30].

Слід зазначити особливості завантаження і вивантаження. Під час завантаження вахтовий помічник зобов'язаний стежити за рівномірністю вантаження. Особливо важливий цей момент на кінець вантаження, оскільки крен повинен бути рівний нулю. У разі випадання осадків необхідно припиняти вантажні роботи, оскільки підмочка вантажу черевата наслідками в порту розвантаження. Перед початком вантажних операцій верхня палуба повинна бути звільнена від всяких сторонніх предметів, перешкоджаючих вантажним роботам або розміщенню вантажу на палубі; крани повинні бути перевірені і приведені в робоче положення; вантажні люки відкривають, якщо немає атмосферних опадів; верхня палуба, трюми і місця вантажних робіт повинні бути добре освітлені палубними і переносними вогнями (люстрами).

Готовність судна до прийому вантажу перевіряють відповідні організації, а частіше за весь сюрвейєр найняті вантажовідправником. Враховуючи особливості приймається в даному рейсі вантажу, слід зазначити, що для забезпечення якісної доставки товару необхідно ретельно прибрати, осушити і провітрити вантажні приміщення. Підготовка судна до прийому продовольчого вантажу в бочках і ящиках повинна включати зачистку, прибирання, миття і сушку трюмів; перевірку приладів дистанційного контролю (температури, вогкості повітря, змісту CO₂ в трюмах); підготовку трюмного устаткування. При зачистці трюмів прибирають залишки вантажу від попереднього рейсу, для чого піднімають палубні ґрати і каргобаттенси. Після миття трюми повинні

бути добре просушені. Сушка здійснюється включенням вентиляції або відкриттям всіх кришок трюмів [24].

Судно повинне бути належним чином обладнане і мати на борту відповідні прилади для вимірювання такі, що не потребують входу в вантажне простір:

- 1) концентрація метану в атмосфері;
- 2) концентрація кисню в атмосфері;
- 3) концентрація оксиду вуглецю в атмосфері;
- 4) значення рН зразків трюму вантажного простору.

Ці прилади повинні регулярно обслуговуватися і калібрувати. Судновий персонал повинен бути навчений використовувати такі інструменти.

Після закінчення підготовки судна до вантажних робіт, капітан подає на ім'я начальника порту або на адресу вантажовідправника «Сповіднення капітана», яким він формально фіксує фактичну готовність судна до вантаження. В Сповідненні капітана повідомляють про дату, часу готовності судна до прийому (здачі) вантажу через відповідні люки трюмів, вантажопідйомності суднових вантажних засобів, часу прийому палива і води і інших потребах судна. До початку вантаження факт готовності вантажних приміщень оформляють актом [27].

Завантаження і розвантаження вантажів на судні супроводжується оформленням ряду документів, що проходять через судно і візованих капітаном, старшим помічником і судновими тальманами. Вони включають [31]:

- Загальні документи вантажного звіту;
- Документи про кількість і приналежність вантажу;
- Документи, що засвідчують якісне полягання вантажу;
- Документи про час поводження з вантажем на судні.

Документи про кількість і приналежність вантажу

1. Вантажний ордер (Shipping Order) – первинний транспортний документ, що містить всі необхідні дані про вантаж і служить підставою для

його приймання на судно або виписки коносаментів на цей вантаж; підписується вантажовідправником. У разі передачі вантажу на судно на підставі вантажного ордера, старший помічник ставить свій підпис на копіях, які з цієї миті називаються штурманською розпискою.

2. Тальманська розписка (Tally Sheet) – підписується лічильником вантажу від судна і від порту і використовується при оформленні документів на передану кількість вантажів, а також при розгляді претензій по вантажу.

3. Списки на вантажі, дозволені митницею – підписуються представниками порту, повинні звірятися з даними тальманських розписок. Якщо при здачі вантажу вантажоодержувач робить зауваження по зміні якості вантажу, що відбулася не з вини судна, старший помічник зобов'язаний зробити запис в графі зауважень про те, що судно не несе відповідальності за вказані одержувачем дефекти.

4. Маніфест (Manifest Cargo) – список коносаментів і основних відомостей про вантажі (відправник, одержувач, маркіровка, рід упаковки, кількість, маса, номери коносаментів, нарядів і фрахт) що пред'являється судновою адміністрацією митним органам, агентам і стивидорною компанією в портах призначення. Число екземплярів визначається звичаями портів. Використовується для обліку перевезених вантажів і стягнення фрахту; контролю над якістю і підлягаючим зберіганню перевезенням вантажів.

Документи про час робіт з вантажем на судні

1. Нотіс про готовність (Notice Readiness) – документ, що засвідчує готовність судна до виробництва вантажних операцій. Нотіс про готовність вважається документом, що визначає початок часу стоянки, якщо він поданий в терміни, встановлені договором про морське перевезення. Підписується капітаном.

2. Таймшит (Time Sheet) – акт обліку часу стоянки – складають в кожному порту вантаження і вивантаження. Його підписує капітан і представник фрахтувальника.

3. Гарантійний лист (Letter Indemnity) – лист про відшкодування збитку вантажовідправником по загальній аварії і іншим витратам по вантажах, що відправляються. Його складає агент вантажовідправника на підставі штурманських розписок для видачі чистого коносаменту.

4. Список обмовок на невідповідність розмірів або маси вантажних місць з додатком листа агента судновласника на адресу фрахтувальника про захист інтересів судновласника, на випадок пред'явлення претензій по доставленому вантажу в порт призначення.

5. Акт по сталійному часу – складають при виникненні суперечок по численню періоду часу завантажувально-розвантажувальних робіт.

3.3. Розрахунок чистої вантажопідйомності судна

Повна розрахункова водотоннажність балкера «Francesco Corrado» Δ_p , яка служить початковою величиною при визначенні її чистої вантажопідйомності $\Delta_{\text{ч}}$ на рейс, залежить від вантажних марок в портах завантаження і вивантаження, а також від вантажних марок і обмежень осадки на трасі переходу Річардс-Бей – Чжаныцзян [32].

Перехід Річардс-Бей – Чжаныцзян проходить спочатку в зоні дії літньої вантажної марки без обмежень по осадці, а потім змінюється на тропічну. Отже за розрахункову водотоннажність приймається водотоннажність встановлене для зони дії літньої вантажної марки

$$\Delta_p = \Delta_{\text{л}}; \quad (3.1)$$

$$\Delta_{\text{л}} = 87337 \text{ т}$$

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

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

де Δ_0 – водотоннажність судна порожньому, т.

$$\Delta_w = 87337 - 12862 = 74475 \text{ т.}$$

Ходовий час визначається по формулі:

$$t_x = S / (V_s \cdot 24) + t_{\text{зп}} \quad (3.3)$$

де V_s – швидкість судна;

S – протяжність траси переходу, милі;

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

$$t_x = 6132,87 / (12,4 \cdot 24) + 0,05 = 20,65 \text{ діб.}$$

Нормативна тривалість часу стоянки розраховується по формулі:

$$t_{\text{сТ}} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i}{M} \quad (3.4)$$

де Q_i – маса вантажу одного найменування, т;

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

M – Валова норма вантажних робіт, т/діб

Час стоянки розраховують в два наближення, але оскільки в рейсі фактично перевозився один вантаж – вугілля, то розрахунки проводитимемо тільки по першому наближенню, при якому:

$$\sum_{i=1}^n Q_i = DW. \quad (3.5)$$

$$t_{\text{сТ}} = 74475 / 12000 + 74475 / 14000 + 0,2 = 11,72 \text{ діб}$$

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

Звичайно немає необхідності враховувати запаси стоянок, що витрачаються в порту завантаження, оскільки до моменту закінчення вантаження запаси стоянок, передбачені на якийсь час вантаження будуть витрачені. Тому загальна кількість рейсових запасів $P_{\text{зап}}$ розраховується як сума

ходових запасів $P_{\text{зап}}^x$ і необхідних для порту вивантаження стояночних запасів $P_{\text{зап}}^{\text{ст}}$:

$$P_{\text{зап}} = P_{\text{зап}}^x + P_{\text{зап}}^{\text{ст}}; \quad (3.6)$$

Кількість ходових запасів складає суму:

$$P_{\text{зап}}^x = P_T^x + P_B^x + P_{\text{см}}^x; \quad (3.7)$$

де P_T^x , P_B^x , $P_{\text{см}}^x$ – відповідно кількість палива, води і змащувального масла необхідне на перехід від порту вантаження до порту вивантаження з урахуванням коефіцієнта штормового запасу $k_{\text{шт}}$, який залежить від району і пори року плавання. Так як розрахунок теоретичний, то $k_{\text{шт}}$ не враховується.

$$P_T^x = q_T^x \cdot t_x \cdot k_{\text{шт}}; \quad (3.8)$$

$$P_B^x = q_B^x \cdot t_x \cdot k_{\text{шт}}; \quad (3.9)$$

$$P_{\text{см}}^x = q_{\text{см}}^x \cdot t_x. \quad (3.10)$$

де q_T^x , q_B^x – добова норма витрачання палива, води і змащувального масла на ходу судна відповідно, т/діб.

$$P_T^x = 28 \cdot 20,65 = 579,6 \text{ т};$$

$$P_B^x = 5 \cdot 20,65 = 103,5 \text{ т};$$

$$P_{\text{см}}^x = 0,25 \cdot 20,65 = 5,2 \text{ т};$$

$$P_{\text{зап}}^x = 579,6 + 103,5 + 5,2 = 688,3 \text{ т}.$$

Аналогічно знаходять кількість запасів стоянок:

$$P_{\text{зап}}^{\text{ст}} = P_T^{\text{ст}} + P_B^{\text{ст}} + P_{\text{см}}^{\text{ст}}; \quad (3.11)$$

$$P_T^{\text{ст}} = q_T^{\text{ст}} \cdot t_{\text{ст}}; \quad (3.12)$$

$$P_B^{\text{ст}} = q_B^{\text{ст}} \cdot t_{\text{ст}}; \quad (3.13)$$

$$P_{\text{см}}^{\text{ст}} = q_{\text{см}}^{\text{ст}} \cdot t_{\text{ст}}. \quad (3.14)$$

де $q_T^{\text{ст}}$, $q_B^{\text{ст}}$, $q_{\text{см}}^{\text{ст}}$ – добова норма витрачання палива, води і змащувального масла на стоянці судна відповідно, т/діб.

$$P_{\text{т}}^{\text{ст}} = 5 \cdot 11,72 = 58,6 \text{ т};$$

$$P_{\text{в}}^{\text{ст}} = 2,2 \cdot 11,72 = 25,8 \text{ т};$$

$$P_{\text{см}}^{\text{ст}} = 0,05 \cdot 11,72 = 0,6 \text{ т};$$

$$P_{\text{зап}}^{\text{ст}} = 58,6 + 25,8 + 0,6 = 85 \text{ т};$$

$$P_{\text{зап}} = 688,3 + 85 = 773,3 \text{ т}.$$

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

$$\Delta_{\text{ч}} = \Delta_{\text{в}} - P_{\text{зап}} - \text{const}; \quad (3.15)$$

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

Оскільки рейс виконувався по фактичним даним, то розрахована кількість запасів відрізняється від кількості наявних розміщених запасів.

Константа const = 350 т.

$$\Delta_{\text{ч}} = 74475 - 773,3 - 350 = 73351,7 \text{ т}$$

Фактична ж кількість вантажу, що приймається, залежить від вантажомісткості і питомої вантажомісткості судна, а також від питомого вантажного об'єму судна μ .

Через те, що рейс виконується за фактичними даними, то кількість розрахованих запасів відрізняється від фактичних, які склали: моторне паливо – 1445 т, дизельне паливо – 112 т, мастило – 61,1 т, вода – 400 т, інші запаси – 20,8 т.

Тоді фактична вантажопідйомність судна на рейс склала:

$$\Delta_{\text{ч}}^{\text{фактичне}} = 74475 - 2038,9 - 350 = 72086,1 \text{ т}$$

Відомості про масу і обсяг завантаженого вантажу представлене в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Відомості про маси і об'єм партій вантажу, який приймається

Найменування вантажу	Маса вантажу, Q_i , т	Питомий вантажний об'єм вантажу, U_i , м ³ /т	Об'єм займаний вантажем, V_i , м ³
Вугілля	71955,3	1,2176	87612,8

$$Q \leq \Delta_{\text{ч}}, \quad (3.16)$$

$$71955,3 \leq 72086,1 \text{ т};$$

$$V \leq W_{\text{с}}, \quad (3.17)$$

$$87612,8 \leq 91717,1 \text{ м}^3.$$

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

3.4. Складання вантажного плану

При перевезенні різнорідних вантажів в практиці використовується принцип розподілу вагового навантаження по довжині судна пропорційно кубатурі вантажних приміщень за допомогою коефіцієнта співвідношення вантажомісткості кожного вантажного приміщення (K_i) [24, 27]:

$$K_i = \frac{W_i}{W_{\text{с}}}, \quad (i = 1, 2, \dots, n); \quad (3.18)$$

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

$W_{\text{с}}$ – вантажомісткість судна, м³;

n – кількість вантажних приміщень.

Значення розподіленої маси для i -го вантажного приміщення (Q_i) визначається як добуток коефіцієнта співвідношення вантажомісткості i -го вантажного приміщення на розраховану загальну масу вантажів ($Q_{\text{полн}}$):

$$Q_i = K_i \cdot Q_{\text{полн}} \quad (3.19)$$

Результати розрахунків представляємо в табл. 3.3.

Таблиця 3.3 – Розподіл вагового навантаження по вантажних приміщеннях судна

Найменування вант. приміщення	Вантажомісткість ван. приміщення, W_i (м ³)	Коеф. співвідношення, K_i	Максимально доп. вагове навантаження вантажного прим., Q_i , т
Трюм №1	11305,1	0,123	8850,5
Трюм №2	13536,8	0,147	10577,42
Трюм №3	13548,7	0,147	10577,42
Трюм №4	13548,7	0,147	10577,42
Трюм №5	13548,7	0,147	10577,42
Трюм №6	13548,7	0,147	10577,42
Трюм №7	12680,2	0,138	9929,83
Разом	91717,1	1	71955,3

За наслідками розподілу вантажів складемо зведену табл. 3.4 .

Таблиця 3.4 – Розміщення вантажів на судні

Наймен. вантажного приміщення	Назва вантажів		Всього	
	Вугілля			
	Маса, т	Об'єм, м ³	Маса, т	Об'єм, м ³
Трюм 1	8328	10140,2	8328	10140,2
Трюм 2	10546,4	12841,3	10546,4	12841,3
Трюм 3	10455,5	12730,6	10455,5	12730,6
Трюм 4	10435,5	12706,3	10435,5	12706,3
Трюм 5	11055,5	13461,2	11055,5	13461,2
Трюм 6	10955,5	13339,4	10955,5	13339,4
Трюм 7	10178,9	12393,8	10178,9	12393,8
Разом	71955,3	87612,8	71955,3	87612,8

3.5. Характеристика експлуатаційних умов рейсу

В даному пункті розділу не описується гідрометеорологічні умови плавання, а надана характеристика портів стосується вантажних операцій, комерційних і технічних умов виконання рейсу. При складанні вантажного плану необхідно в комплексі враховувати характеристики судна, вантажів, траси і портів заходу, ці фактори істотно впливають на виконання рейсового завдання [14].

Порт Річардс-Бей (28° 48.0' S 032° 02.0' E), ПАР

Порт Річардс-Бей розташований на західному узбережжі Південної Африки приблизно в 130 км до N від Дурбана.

Загальна інформація про порт: у цей час є 21 місце для обслуговування в порту, а порт розділений на 2 області, є вантажні місця й вугільний термінал. Вугільний термінал може прийняти 4 судна Capesize і завантажити 4 судна в будь-який момент, є 4 доступних навантажувача.

Транспортні характеристики: Приблизно 86300000 т вантажу і 1500 суден, оброблюються щорічно.

Вантажна марка: літня.

Інформація про прихід: ЕТА посилають капітанові порту за 48 і 24 години до прибуття. ЕТА повинна бути підтверджена на УКХ коли приблизно судно підійде на 20 км від входу в гавань.

Зв'язок: Дурбанская Радіостанція Узбережжя (позивний "ZSD") може використовуватися для коротких повідомлень: Робочий час - 24-години на каналах 421, 821 і 821 і 1221 кГц. 24-години на 500 кГц.

УКХ: Контроль з Портом: Ch 16, 09, 11, 12, 13 і 14, годинник зберігався безупинно.

Лоцман: Лоцманський контроль обов'язковий. Є 3 лоцмана на чергуванні для кожного 8-годинної зміни. Посадка звичайно виконується вертолітним обслуговуванням.

Буксири обов'язкові. Є 4 доступних буксира Фоита Шнайдера, напруга швартовної тумби 43 т. У всіх буксирів є УКВ і пожежогасіння / устаткування порятунку.

Робочий час. Повна доба. Вихідні 1 січня, 21 березня, 27 квітня, 1 травня, 16 червня, 9 серпня, 24 вересня, 16, 25, 26 грудня.

Ремонт. Є трохи механічних майстерень і плавмастерская, у яких можна зробити дрібний ремонт машин і механізмів судів.

Постачання. Надаються мазут і дизельне паливо. Прісну воду можна одержати в причалів.

Порт Чжаныцзян (21° 11' N, 110° 25' E), Китай

Чжаныцзян розташований на північному узбережжі півострова Лейчжоу в провінції Гуандун на півдні Китаю, захищений прибережними островами затоки Кванчжоу.

Загальна інформація про порт: Портова зона пропонує значну кількість швартовних для суден, що заходять у порт. Порт розділений на п'ять основних зон, пронумерованих від 1 до 5. Вантажопотоки включають контейнерні вантажі, сипучі мінерали, зерно, тапіоку, хромову руда, вугілля, небезпечні вантажі, сира нафта і рідкі хімічні продукти. Існують також РО-РО і пасажирські перевезення. Порт також використовується як база для морських нафтових операцій і риболовецьких суден.

Південно-морський флот ВМС Китаю має значну присутність як на західному, так і на східному узбережжі. На північно-східному узбережжі Чжаныцзян збудовано новий комплекс з виробництва залізрудних окатишів потужністю 10 млн. тонн на рік. Східний острів з новими причалами і спорудами для танкерів.

Транспортні характеристики: Щорічно обробляється близько 176 500 000 000 тонн вантажів і 550 000 TEU.

Вантажна марка: Сезонна тропічна зона Китайського моря, тропічний період з 21 січня по 30 квітня, літній період з 1 травня по 20 січня.

Інформація про прихід: Капітан повинен повідомити час прибуття судна державному агенту або через місцевого агента державному агенту за 72 години до прибуття судна на лоцманську станцію. Повідомлення про очікуваний час прибуття судна повинно містити час і дату прибуття судна, а також осадку судна в морі/прісній воді. Якщо на борту судна є небезпечний вантаж, капітан повинен також повідомити дані про цей вантаж, включаючи опис, упаковку, код ІМО та вагу брутто/нетто.

У разі зміни часу прибуття судна або інших обставин до прибуття капітан повинен надіслати додаткові повідомлення.

Зв'язок: VTS (24 години): УКХ: Ch 08, 65. Позивний: "Чжанняцзян ВТС"

Лоцман: Обов'язковий для всіх іноземних суден, що заходять і виходять з порту, і може бути запитаний через Агента або Власника. Лоцманська проводка доступна протягом 24 годин.

Буксири: Компанія "Буксири і баржі" володіє 10 портовими робочими буксирами (від 400 до 3200 к.с.), здатними допомагати суднам водотоннажністю до 100000 тонн швартуватися до причалу або виходити з порту, а також здійснювати прибережні буксирування та аварійно-рятувальні операції.

Робочий час. Протягом 24 годин, 3 зміни працюють з 00:01 до 08:00, з 08:00 до 16:00 та з 16:00 до 23:59.

Ремонт. Є судноремонтна верф, яка може здійснювати рейсовий ремонт для всіх типів суден, а також виробництво, встановлення та ремонт берегових металоконструкцій, механічного та електричного обладнання. Є 2 Доки, які здатні ремонтувати судна водотоннажністю 1000 тонн і 3500 тонн.

Постачання. Прісна вода: Доступна біля причалу або на якірній стоянці.

Бункерування: Мазут, дизельне паливо та мастила.

РОЗДІЛ 4

ОЦІНКА МОРЕХІДНИХ ЯКОСТЕЙ СУДНА

4.1. Розрахунок водотоннажності і координат центра ваги судна

Абсциси відраховуються від кормового перпендикуляру. Диферент на корму має знак “–”, а на ніс “+” [1, 2].

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

Таблиця 4.1 – Розподіл запасів на відхід

Найменування цистерн	Місткі- сть, т	Маса, т	Плечі, м		Моменти, тм	
			x	z	M _x	M _z
1	2	3	4	5	6	7
Моторне паливо $\rho = 0,980 \text{ т/м}^3$						
No.1 F.O.T.	1175,2	490,0	106,39	0,84	52131	412
No.2 F.O.T.	587,6	240,0	67,69	0,84	16246	202
No.3 F.O.T.	204,26	154,0	43,93	0,84	6765	129
No.4 F.O.T. (P)	220,36	162,0	24,98	14,84	4047	2404
No.4 F.O.T. (S)	315,4	271,0	24,97	15,53	6767	4209
No.1 F.O.SER TK	21,57	21,1	25,45	17,55	537	370
No.2 F.O.SER TK	21,57	21,0	25,45	17,55	534	369
No.1 F.O.SET TK	43,14	42,8	27,85	17,55	1192	751
No.2 F.O.SET TK	43,59	43,1	25,85	17,45	1114	752
Всього моторного палива		1445,0	61,82	6,64	89333	9598
Дизельне паливо $\rho = 0,880 \text{ т/м}^3$						
D.O.T. (P)	64,44	54,0	18,35	16,29	991	880
D.O.T. (S)	46,05	32,0	23,53	1,48	753	47
D.O.SERV.TK	16,15	15,8	27,85	17,60	440	278

Продовження табл. 4.1

1	2	3	4	5	6	7
D.O.SETT.TK	10,76	10,2	27,85	17,60	284	180
Всього дизельного палива		112,0	22,04	12,37	2468	1385
Мастило $\rho = 0,900 \text{ т/м}^3$						
LUB.OIL SUMP TK	20,15	13,6	19,85	1,38	270	19
LUB.OIL STOR TK	16,9	9,9	27,85	17,20	276	170
LUB.OIL SETT TK	22,76	13,1	27,85	17,20	365	225
G/E LO. TK	11,5	6,9	23,45	16,40	162	113
No.1 CYL O.STO.TK.	14,12	8,5	27,85	17,20	237	146
No.2 CYL O.STO.TK.	14,12	9,1	27,85	17,20	253	157
Всього мастила		61,1	25,68	13,58	1563	830
Вода $\rho = 1,000 \text{ т/м}^3$						
F.W.T. (P)	253,5	200,0	4,86	16,99	972	3398
F.W.T. (S)	253,5	200,0	4,86	16,99	972	3398
Всього води		400,0	4,86	16,99	1944	6796
Інші танки						
COOL. W. TK.	17,3	17,3	7,34	3,38	127	58
BILGE TANK	26,1	3,5	11,42	1,32	40	5
Всього		20,8	8,03	3,03	167	63
ВСЬОГО ЗАПАСІВ:		2038,9	46,83	9,16	95475	18672

Розподіл запасів на прихід представлено в табл. 4.2.

Таблиця 4.2 – Розподіл запасів на прихід

Найменування цистерн	Місткі- сть, т	Маса, т	Плечі, м		Моменти, тм	
			x	z	M_x	M_z
1	2	3	4	5	6	7
Моторне паливо $\rho = 0,980 \text{ т/м}^3$						
No.2 F.O.T.	587,6	150,4	67,69	0,84	10181	126

Продовження табл. 4.2

1	2	3	4	5	6	7
COOL. W. TK.	17,3	17,3	7,34	3,38	127	58
BILGE TANK	26,1	3,5	11,42	1,32	40	5
Всього		20,8	8,03	3,03	167	63
ВСЬОГО ЗАПАСІВ:		1350,6	27,13	12,12	36648	16368

Розподіл вантажів представлений у табл. 4.3.

Таблиця 4.3 – Розподіл вантажів

Найменування приміщень	Об'єм прим., м ³	Об'єм вантажу, м ³	Маса вантажу, т	Плечі, м		Моменти, тм	
				x	z	M _x	M _z
Трюм №1	11305,1	10140,2	8328	195,43	10,54	1627541	87777
Трюм №2	13536,8	12841,3	10546,4	171,42	10,38	1807864	109472
Трюм №3	13548,7	12730,6	10455,5	145,63	10,18	1522634	106437
Трюм №4	13548,7	12706,3	10435,5	119,83	10,17	1250486	106129
Трюм №5	13548,7	13461,2	11055,5	94,03	10,72	1039549	118515
Трюм №6	13548,7	13339,4	10955,5	68,23	10,62	747494	116347
Трюм №7	12680,2	12393,8	10178,9	42,90	10,84	436675	110339
ВСЬОГО ВАНТАЖУ		87612,8	71955,3	117,19	10,49	8432243	755016

На основі виконаних розподілів вантажу і запасів складемо таблиці 4.4 зведених даних і розрахунку водотоннажності з указівкою координат центру ваги судна на відхід.

Таблиця 4.4 – Зведені дані і розрахунок водотоннажності на відхід

Найменування статей навантаження	Маса, т	Плечі, м		Моменти, тм	
		x	z	M _x	M _z
Судно порожнє	12862	101,10	11,36	1300348	146112
Константа	350	45,50	20,50	15925	7175
Суднові запаси	2038,9	46,83	9,16	95475	18672
Вантаж	71955,3	117,19	10,49	8432243	755016
РАЗОМ ВОДОТОННАЖНІСТЬ:	87206,2	112,88	10,63	9843991	926975

Зведені дані і розрахунок водотоннажності на прихід виконані в табл. 4.5.

Таблиця 4.5 – Зведені дані і розрахунок водотоннажності на прихід

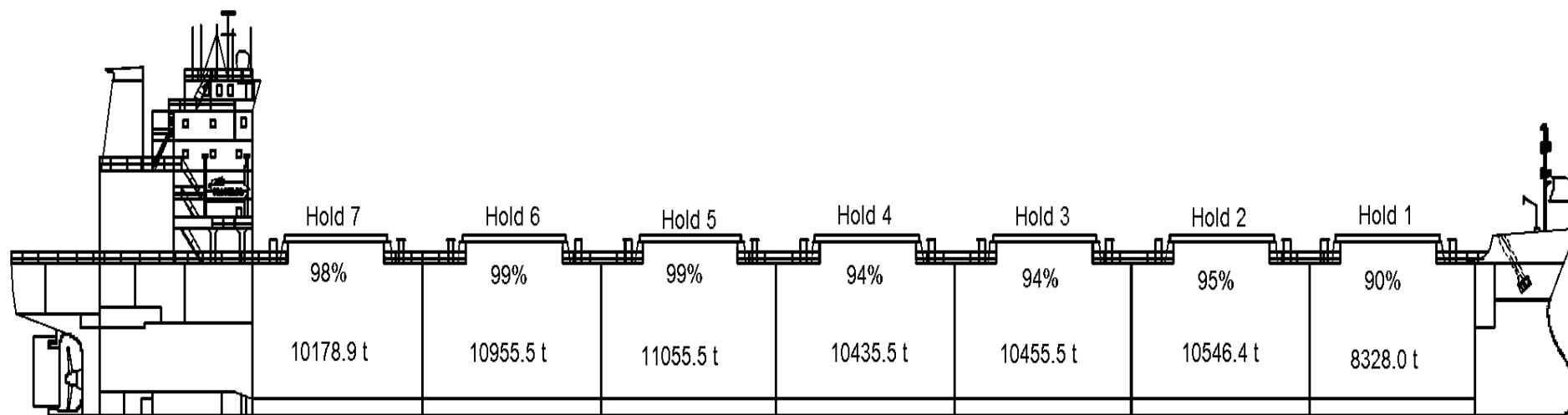
Найменування статей навантаження	Маса, т	Плечі, м		Моменти, тм	
		x	z	M _x	M _z
Судно порожнє	12862	101,10	11,36	1300348	146112
Константа	350	45,50	20,50	15925	7175
Суднові запаси	1350,6	27,13	12,12	36648	16368
Вантаж	71955,3	117,19	10,49	8432243	755016
РАЗОМ ВОДОТОННАЖНІСТЬ:	86517,9	113,10	10,69	9785164,0	924671,0

Схематично вантажний план представлений на рис. 4.1.

STOWAGE PLAN

Name of Ship : **FRANCESCO CORRADO**
Port of Loading : **Richards Bay**
Port of Discharging : **Zhanjiang**

Nature of Cargo : **Coal**
Stowage Factor : **1,2176 m³/t**
Total Cargo : **71955,3 t**



$T_K = 14,40 \text{ м}$

$T_H = 14,09 \text{ м}$

Рисунок 4.1 – Вантажний план судна

4.2. Розрахунки посадки і початкової остійності

Розрахунок посадки судна на відхід на прихід виконується з використанням вантажної шкали і гідростатичних кривих в табл. 4.6 [33].

Таблиця 4.6 – Розрахунки посадки судна на відхід і на прихід

Найменування величин	Позначення і формули	Значення величин	
		відхід	прихід
Водотоннажність масова, т	D	87206,2	86517,9
Абсциса центра ваги судна, м	x_g	112,88	113,10
Водотоннажність об'ємна, м ³	$V = D / \rho$	85079	85408
Густина заборотної води, т/м ³	ρ	1,025	1,013
Осадка судна, м	T	14,25	14,30
Момент диферентуючий на 1 см, тм/см	M_{cm}	1081,3	1083,1
Абсциса центра величини судна, м	x_c	113,27	113,23
Абсциса Ц.В. площі ватерлінії, м	x_f	106,43	106,41
Апліката поперечного метацентра, м	z_m	13,55	13,56
Коефіцієнт загальної повноти	δ	0,851	0,851
Диферент судна, м	$d = D(x_g - x_c) / (100M_{cm})$	-0,31	-0,10
Осадка судна носом, м	$T_H = T + (L - x_f) d / L$	14,09	14,25
Осадка судна кормою, м	$T_K = T_H - d$	14,40	14,35

Для виконання розрахунків та контролю остійності судна необхідно визначити поправки на вплив вільної поверхні рідких вантажів (запасів) до метацентричної висоти і плечам статичної остійності.

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

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

Розрахунки вплив вільної поверхні рідких вантажів виконаємо в табл. 4.7.

Таблиця 4.7 – Виправлення на вплив вільної поверхні рідких вантажів

Найменування цистерн	Δm_h , тм
No.1 F.O.T.	11546
No.2 F.O.T.	5772,7
No.3 F.O.T.	314,5
No.4 F.O.T. (P)	76,4
No.4 F.O.T. (S)	80,0
No.1 F.O.SET TK	37,7
D.O.T. (S)	25,8
F.W.T. (P)	156,1
F.W.T. (S)	156,1
Сума: $\Sigma \Delta m_h$	18165,3

Розрахунок параметрів початкової остійності виконаний у табл. 4.8.

Таблиця 4.8 – Розрахунок параметрів початкової остійності

Найменування величин	Позначення і формули	Значення величин	
		відхід	прихід
Водотоннажність масова, т	D	87206,2	86517,9
Невиправлена апліката центра ваги судна, м	z_{g0}	10,63	10,69
Апліката поперечного метacentра, м	z_m	13,55	13,56
Невиправлена метacentрична висота, м	$h_0 = z_m - z_{g0}$	2,92	2,87
Виправлення на вільні поверхні, м	$\Delta h = \Sigma \Delta m_h / D$	0,21	0,21
Виправлена апліката центра ваги судна, м	$z_g = z_{g0} + \Delta h$	10,84	10,90
Виправлена метacentрична висота, м	$h = h_0 - \Delta h$	2,71	2,66

4.3. Контроль остійності за матеріалами Інформації

Перевірку остійності за матеріалами Інформації виконаємо по мінімальній допустимій метацентричній висоті в табл. 4.9 [2].

Таблиця 4.9 – Перевірка остійності по мінімальній допустимій метацентричній висоті

Найменування величин	Позначення і формули	Значення величин	
		відхід	прихід
Водотоннажність масова, т	D	87206,2	86517,9
Виправлена метацентрична висота, м	h	2,71	2,66
Мінімально допустима метацентр. висота, м	$h_{\min}$	1,38	1,40

Так як $h > h_{\min}$, то остійність задовольняє всім вимогам.

4.4. Розрахунок і побудова діаграм остійності

Плечі статичної остійності розраховані з використанням таблиці плечей остійності форми. Плечі остійності форми l_{ϕ} вибираються по осадці для тих кутів крену, які приведені в таблиці.

Ці плечі відлічуються від точки К, що відповідає кільовій лінії, то плечі остійності ваги необхідно розраховувати по формулі: $l_g = z_g \sin \theta$, а виправлені плечі статичної остійності будуть рівні: $l = l_{\phi} - l_g$.

Розрахунок плечей діаграми статичної остійності виконується в табличній формі.

У таблиці також представлений розрахунок площ під діаграмою статичної остійності до 30° , до 40° і від 30° до 40° з використанням коефіцієнтів Сімпсона за формулами:

$$a_{0-40} = 1/3 \Delta\theta \cdot \sum_{40}; \quad a_{0-30} = 3/8 \Delta\theta \cdot \sum_{30}; \quad a_{30-40} = a_{0-40} - a_{0-30}.$$

Розрахунок плечей статичної остійності на відхід виконано в табл. 4.10.

Таблиця 4.10 – Розрахунок плечей статичної остійності на відхід

Водотоннажність D, т							87206,2	
Апліката центра ваги судна z _{g0} , м							10,63	
Апліката умовного центра мас z _m , м (полюс – точка «O»)							0,00	
Виправлена апліката центра ваги судна, z _g = z _{g0} + Δh, м							10,84	
Δθ = 0,1745 ≈ 10°/57,3								
Кут крену θ°	Плече форми, l _φ , м	sin θ°	z _g ·sin θ°	Плече статичної остійності l= l _φ - z _g ·sin θ°, м	Множ-ник	Добу-ток	Множ-ник	Добуток
0	0,00	0,000	0,000	0,000	1	0,000	1	0,000
10	2,368	0,174	1,886	0,482	4	1,928	3	1,446
20	4,740	0,342	3,707	1,033	2	2,066	3	3,099
30	6,733	0,500	5,420	1,313	4	5,252	1	1,313
40	8,397	0,643	6,970	1,427	1	1,427	Σ ₃₀	5,858
50	9,782	0,766	8,303	1,479	Σ ₄₀	10,673		
60	10,674	0,866	9,387	1,287	a ₀₋₄₀ = 0,621		a ₀₋₃₀ = 0,383	
70	11,109	0,940	10,190	0,919	a ₃₀₋₄₀ = 0,621-0,383 = 0,238			

Розрахунок плечей статичної остійності на прихід виконано в табл. 4.11.

Таблиця 4.11 – Розрахунок плечей статичної остійності на прихід

Водотоннажність D, т								86517,90
Апліката центра ваги судна z_{g0} , м								10,69
Апліката умовного центра мас z_m , м (полюс – точка «O»)								0,00
Виправлена апліката центра ваги судна, $z_g = z_{g0} + \Delta h$, м								10,90
$\Delta\theta = 0,1745 \approx 10^\circ/57,3$								
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Продовження табл. 4.11

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Кут крену θ°	Плече форми, l_ϕ , м	$\sin \theta^\circ$	$z_g \cdot \sin \theta^\circ$	Плече статичної остійності $l = l_\phi - z_g \cdot \sin \theta^\circ$, м	Множ-ник	Добу-ток	Множ-ник	Добуток
0	0,00	0,000	0,000	0,000	1	0,000	1	0,000
10	2,369	0,174	1,897	0,472	4	1,888	3	1,416
20	4,739	0,342	3,728	1,011	2	2,022	3	3,033
30	6,723	0,500	5,450	1,273	4	5,092	1	1,273
40	8,384	0,643	7,009	1,375	1	1,375	$\sum_{30}$	5,722
50	9,767	0,766	8,349	1,418	$\sum_{40}$	10,377		
60	10,662	0,866	9,439	1,223	$a_{0-40} = 0,604$		$a_{0-30} = 0,374$	
70	11,101	0,940	10,246	0,855	$a_{30-40} = 0,604 - 0,374 = 0,230$			

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

4.5. Розрахунки нормованих параметрів остійності

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

Остійність судна вважається достатньою, якщо задовольняються загальні для всіх суден вимоги до критерія погоди, кута крену від дії постійного вітру й діаграми статичної остійності (ДСО) [34].

Розрахунок нормованих параметрів остійності виконаний у табл. 4.12.

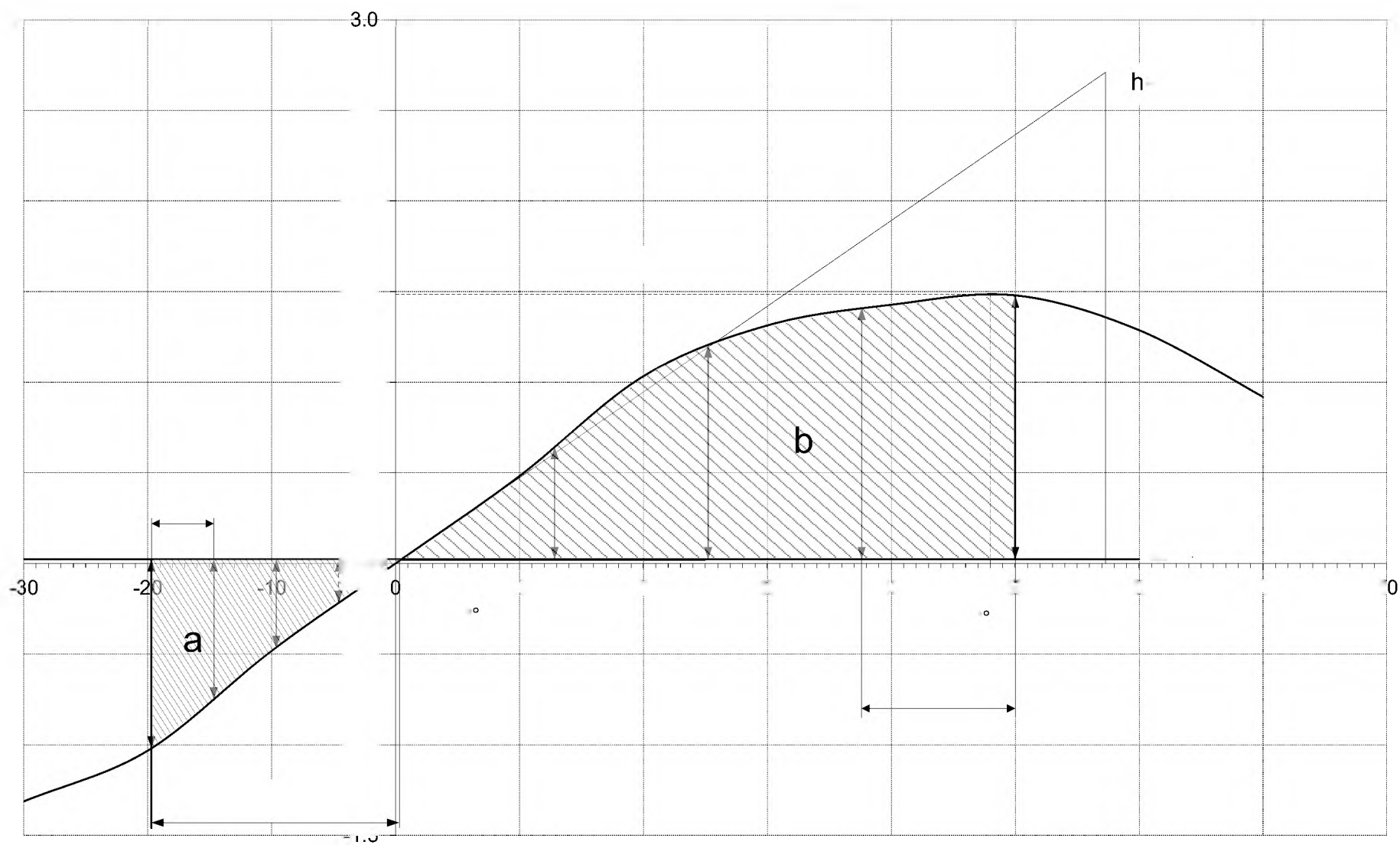


Рисунок 4.2 - Діаграма статичної остійності на відхід і визначення критерію погоди

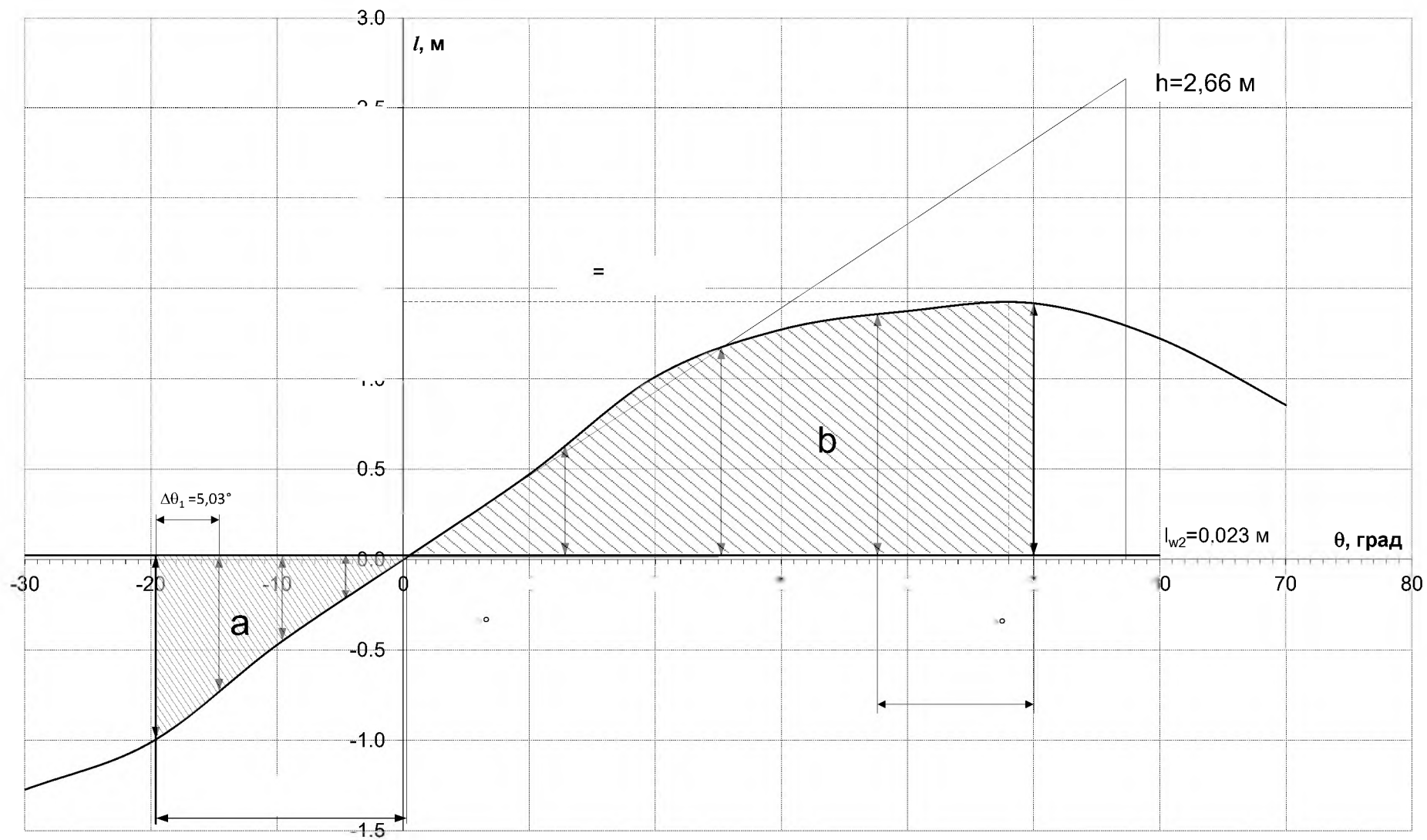


Рисунок 4.3 - Діаграма статичної остійності на прихід і визначення критерію погоди

Таблиця 4.12 – Розрахунок нормованих параметрів остійності

Найменування величин	Позначення і формули	Значення величин	
		відхід	прихід
1	2	3	4
Водотоннажність масова, т	D	87206,2	86517,9
Осадка судна, м	T	14,25	14,30
Виправлена метацентрична висота, м	h	2,71	2,66
Плече кренувального моменту від тиску вітру, м	l_{w1} (З Інформації)	0,015	0,015
Кренувальне плече від пориву вітру, м	$l_{w2} = 1,5 l_{w1}$	0,023	0,023
Відносна площа скулових кілей, %	$100 A_k / (L B)$	0,757	
Коефіцієнт	k	0,985	
Відносна ширина	B/T	2,26	2,26
Безрозмірний множник	X_1	1,000	1,000
Коефіцієнт загальної повноти	δ	0,851	0,851
Безрозмірний множник	X_2	1,000	1,000
Інерційний коефіцієнт	$c=0,373+0,023B/T-0,043L/100$	0,332	0,332
Період хитавиці, с	$T_\theta = 2 c B / \sqrt{h}$	13,0	13,1
Коефіцієнт	S	0,0590	0,0584
Коефіцієнт	$r = 0,73 + 0,6(z_g - T)/T$	0,586	0,587
Амплітуда хитавиці, °	$\theta_r = 109 k X_1 X_2 \sqrt{r S}$	20,0	19,9
Кут заливання, °	θ_f	51,4	51,3
Кут входу палуби у воду, °	$\theta_d = \arctg(2(H-T)/B)$	18,4	18,2
Кут крену від постійного вітру, °	θ_0	0,3	0,3

Продовження табл. 4.12

1	2	3	4
Кут крену при хитавиці назустріч вітру, °	$\theta_1 = \theta_r - \theta_0$	19,7	19,6
Границя площ.“b” діаграми праворуч, °	θ_b	50	50
Площа “a” діаграми, м-рад	a	0,178	0,173
Площа “b” діаграми, м-рад	b	0,854	0,829
Критерій погоди	$K = b / a$	4,80	4,79

Для визначення критерію погоди на діаграмах статичної остійності необхідно побудувати площі “a” і “b”.

Для розрахунку величини площ “a” і “b” використаємо правило Сімпсона. Для цього площі “a” і “b” діляться на чотири ділянки однакової довжини по куту крену. Розрахунок площ виконується в табличній формі (табл. 4.13) аналогічно розрахунку площі a_{0-40} . При цьому, замість множника 0,1745, приймаємо довжини ділянок $\Delta\theta_1$ і $\Delta\theta_2$ у радіанах.

Таблиця 4.13 – Визначення площ “a” і “b” на відхід за правилом Сімпсона

$\Delta\theta_1 = (\theta_1 + 1,5\theta_0)/4 = (19,7 + 1,5 \cdot 0,3)/4 = 5,05^\circ$					
$\Delta\theta_1^{\text{рад}} = 5,05^\circ / 57,3 = 0,0881 \text{ рад}$					
$\Delta\theta_2 = (\theta_b - 1,5\theta_0)/4 = (50 - 1,5 \cdot 0,3)/4 = 12,4^\circ$					
$\Delta\theta_2^{\text{рад}} = 12,4^\circ / 57,3 = 0,2164 \text{ рад}$					
a_i	k_i	$a_i \cdot k_i$	b_i	k_i	$b_i \cdot k_i$
$a_1 = 1,045$	1	1,045	$b_1 = 0$	1	0
$a_2 = 0,773$	4	3,092	$b_2 = 0,620$	4	2,480
$a_3 = 0,490$	2	0,980	$b_3 = 1,180$	2	2,360
$a_4 = 0,240$	4	0,960	$b_4 = 1,387$	4	5,548
$a_5 = 0$	1	0	$b_5 = 1,456$	1	1,456
		$\Sigma_a = 6,077$			$\Sigma_b = 11,844$
$a = \frac{1}{3} \Sigma_a \cdot \Delta\theta_1^{\text{рад}} = \frac{1}{3} 6,077 \times 0,0881 = 0,178$			$b = \frac{1}{3} \Sigma_b \cdot \Delta\theta_2^{\text{рад}} = \frac{1}{3} 11,844 \times 0,2164 = 0,854$		

Визначення площ “a” і “b” на прихід виконується в табл. 4.14.

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

$\Delta\theta_1 = (\theta_1 + 1,5\theta_0)/4 = (19,6 + 1,5 \cdot 0,3)/4 = 5,03^\circ$			$\Delta\theta_1^{\text{рад}} = 5,03^\circ/57,3 = 0,0877 \text{ рад}$		
$\Delta\theta_2 = (\theta_b - 1,5\theta_0)/4 = (50 - 1,5 \cdot 0,3)/4 = 12,4^\circ$			$\Delta\theta_2^{\text{рад}} = 12,4^\circ/57,3 = 0,2164 \text{ рад}$		
a_i	k_i	$a_i \cdot k_i$	b_i	k_i	$b_i \cdot k_i$
$a_1 = 1,015$	1	1,015	$b_1 = 0$	1	0
$a_2 = 0,750$	4	3,000	$b_2 = 0,610$	4	2,440
$a_3 = 0,470$	2	0,940	$b_3 = 1,154$	2	2,308
$a_4 = 0,238$	4	0,952	$b_4 = 1,337$	4	5,348
$a_5 = 0$	1	0	$b_5 = 1,395$	1	1,395
		$\Sigma_a = 5,907$			$\Sigma_b = 11,491$
$a = \frac{1}{3} \Sigma_a \cdot \Delta\theta_1^{\text{рад}} = \frac{1}{3} 5,907 \times 0,0877 = 0,173$			$b = \frac{1}{3} \Sigma_b \cdot \Delta\theta_2^{\text{рад}} = \frac{1}{3} 11,491 \times 0,2164 = 0,829$		

4.6. Перевірка виконання рекомендованих ІМО критеріїв остійності

Виконаємо перевірку остійності за вимогами ІМО порівнюючи розраховані значення с нормативними (табл. 4.15) [34].

Таблиця 4.15 – Перевірка виконання вимог ІМО

Найменування величин	Позна-чення	Значення величин			Викон. (ТАК/НІ)
		норма-тивне	відхід	прихід	
1	2	3	4	5	6
<i>Загальні вимоги</i>					
Площа під ДСО до кута крену 30° , м·рад	A_{30}	$\geq 0,055$	0,383	0,374	ТАК
Площа під ДСО до кута крену 40° , м·рад	A_{40}	$\geq 0,09$	0,621	0,604	ТАК
Площа під ДСО між 30° і 40° , м рад	A_{30-40}	$\geq 0,03$	0,238	0,230	ТАК

Продовження табл. 4.15

1	2	3	4	5	6
Плече ДСО при куті крену 30° або більше, м	l_{30}	$\geq 0,20$	1,313	1,273	ТАК
Кут крену, що відповідає максимуму ДСО, $^\circ$	θ_m	≥ 25	48,0	48,0	ТАК
Виправлена метацентрична висота, м	h	$> 0,15$	2,71	2,66	ТАК
Критерій погоди	K	≥ 1	4,80	4,79	ТАК
Кут крену від постійного вітру, $^\circ$	θ_0	$\leq 14,7$	0,3	0,3	ТАК

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

4.7. Перевірка загальної подовжньої міцності корпусу

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

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

Розрахунок міцності виконаємо використовуючи судову програму схвалену класифікаційним товариством.

Результати розрахунку по судовій програмі перерізуючої сили, SF і згинального моменту BM на відхід судна представлені в табл. 4.16 [35].

Таблиця 4.16 – Перевірка подовжньої міцності на відхід

Пере-різ	X , м	SF , т	SF_{sea} , %	Доп. SF , т	BM , тм	BM_{sea} , %	Доп. BM , тм
1	2	3	4	5	6	7	8
38	29,85	-1353	30,2	-4474	-14132	22,6	-62523
67	54,79	-147	2,6	-5557	-31295	26,1	-119805

Продовження табл. 4.16

1	2	3	4	5	6	7	8
97	80,59	237	4,5	5285	-33679	22,8	-148000
127	106,39	550	8,9	6188	-27479	18,6	-148000
157	132,19	812	15,7	5161	-13929	9,4	-148000
187	157,99	354	6,4	5504	-2629	1,9	-136500
217	183,79	-68	1,1	-6379	-2854	3,7	-77243
245	207,87	552	7,8	7075	48	0,2	24901

Результати перевірки розрахунку міцності корпусу показали, що максимальна перерізуюча сила -1353 т на 38 шпангоуті, а максимальний згинальний момент -33759 тм на 92,4 шпангоуті.

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

Як видно з рис. 4.4 загальна поздовжня міцність забезпечена.

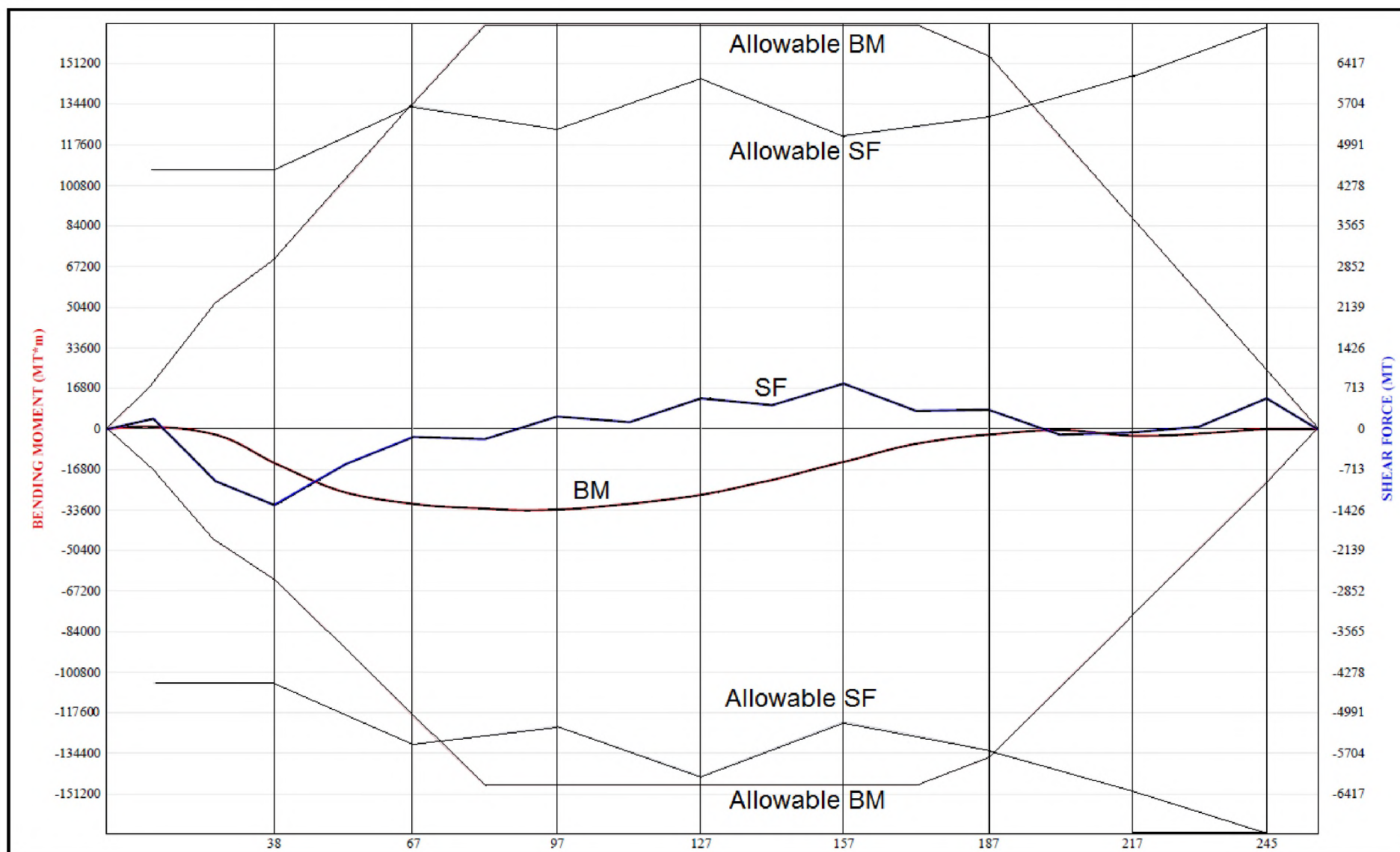


Рисунок 4.4 – Контроль міцності на відхід

РОЗДІЛ 5

ВИКОРИСТАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ В СУДНОПЛАВСТВІ

5.1. Основні завдання джерел альтернативної електроенергії

Система живлення судна – це одна з найважливіших судових систем. Вона розробляється для безперервного постачання потужності для всіх споживачів на судні, кожен з яких має різні режими експлуатації. Під час дизайну судна проводяться різні оптимізації для побудови судна найбільш економічним та безпечним для оточуючого середовища.

Дослідницька частина цієї дипломної роботи направлена на аналіз можливості обладнання комерційних суден джерелами поновлюваної енергії, сонячної та вітряної, шляхом проведення технічного та економічного аналізу.

5.1.1. Збереження навколишнього середовища через енерго-ефективність судна

Світова торгівля асоціювалась із морським транспортом багато сторіччь. Згідно з даними Організації об'єднаних націй (ООН), більше 80% світової торгівлі сьогодні відбувається саме через море, що робить морський транспорт ключовою ланкою сьогоденної економіки. Відомо, що морський транспорт виділяє значну кількість CO₂, 3-4% від загальної кількості CO₂, що виділяється Європейським Союзом. Під час дослідження об'ємів викидів вуглекислого газу в атмосферу 2019 року було спостережено, що 12117 суден (38% світового тону) викинули більше 144,6 мільйонів тон CO₂ в атмосферу [29].

ІМО розробила коротко-, середньо- та довготермінові стратегії зменшення карбонової концентрації на судах на 20%, 30% та 50% до 2020, 2025 та 2050 відповідно. Не дивлячись на вищезазначене, морські судна, порівняно з другими

шляхами перевезення вантажів, виділяють найменшу кількість парникових газів за 1 т вантажу за 1 км. Графік, який демонструє це наведемо на рис. 5.1.

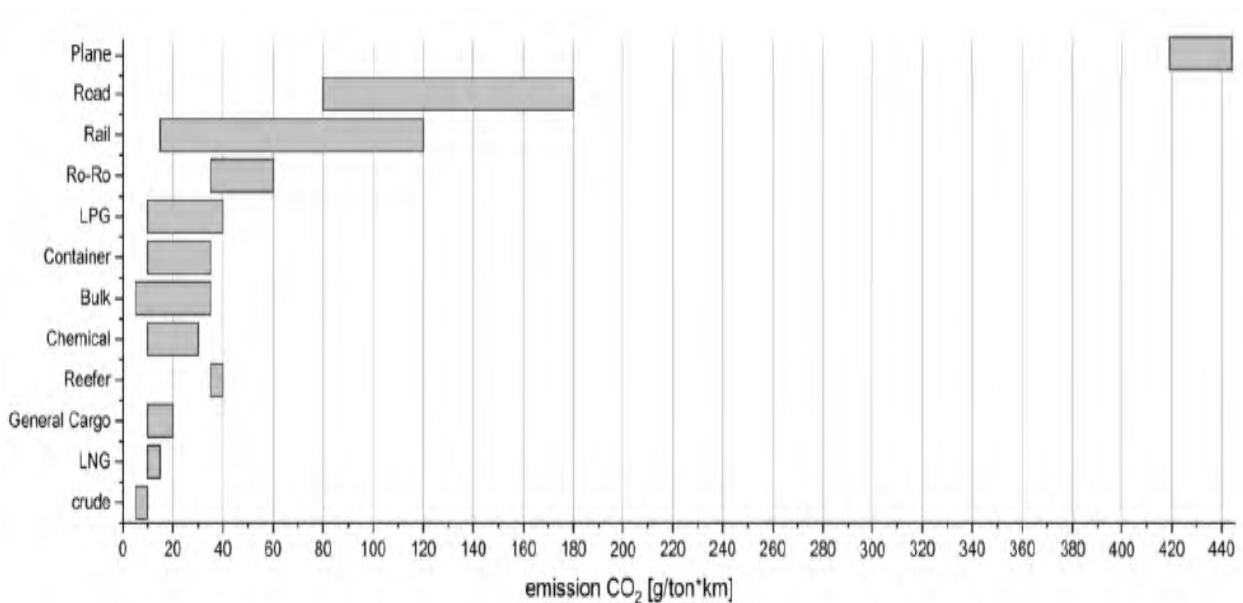


Рисунок 5.1 – Графік кількості викидів CO₂ в атмосферу різними видами транспорту

Ці викиди можуть зашкодити людському здоров'ю, спричиняти кислотні дощі та загострювати глобальне потепління. Для того, щоб переконатись в тому, що морські перевезення будуть становитись більш «зеленими» та безпечними для оточення, ІМО використовує двосторонній підхід до зменшення парникових газів (greenhouse gases, GHG), які виділяються світовим судноплавством.

Тобто, по-перше, ІМО прийняло правила по зверненню уваги на виділення забруднювачів атмосфери суднами та прийняло обов'язкові заходи із забезпечення енергоефективності, занесені в Додаток VI конвенції МАРПОЛ. По-друге, ІМО займається глобальними проектами із збільшення ємності для підтримки імплементації цих правил [30].

ІМО анонсувало два нових заходи в 2021: технічну вимогу із зменшення карбонової концентрації, що базується на новому Energy Efficiency Existing Ship Index (EEEXI); та оперативні вимоги із зменшення карбонової концентрації, що базуються на новому оперативному індикаторі СІІ. Мета – зменшення виділень

CO₂ шляхом підвищення енергоефективності та використання поновлювальних джерел енергії (Renewable Energy Sources – RES) [31].

ЕЕХІ ми визначимо наступним математичним виразом:

$$EEXI = \frac{(\text{Виділення гол. двигуна}) + (\text{Виділення доп. двигуна}) + (\text{Виділення генераторів та моторів}) + (\text{Технології ефективності})}{\text{Робота транспорту}}$$

Основа дослідження полягає в пристосуванні технологій для підвищення ефективності через пристосування енергії, яка створюється RES. Таким чином, досліджуються технології ефективності, які визначаються наступним виразом:

$$Efficiency\ technologies = \left(\sum_{i=1}^{neff} f_{eff(i)} * P_{eff(i)} * C_{FME} * SFC_{ME} \right)$$

де: $f_{eff(i)}$ – фактор доступності технології індивідуальної енергоефективності,

$P_{eff(i)}$ – зменшення потужності головного двигуна завдяки впливу технології ефективності,

C_{FME} – фактор виділення CO₂ композитним паливом головного двигуна,

SFC_{ME} – специфічне споживання палива головним двигуном.

5.1.2. Визначення систем-джерел поновлюваної енергії

Через зростаючі вимоги до збереження палива та зменшення негативного впливу на оточення, джерела поновлюваної енергії встановлюються на системі живлення судна. Сонячна та вітряна енергія є найбільш підходящими RES на борту судна. Ці типи поновлюваної енергії недоступні з однаковою інтенсивністю кожен годину кожного дня, тому енергосистеми судна повинні пристосуватися до різного виробництва та споживання енергії. Базові параметри для вибору оптимального джерела енергії:

1. Тип судна
2. Розмір судна
3. Зона навігаційного переходу
4. Легальні правила

Гібридні системи найбільш гарно підходять до певних суден з непостійними операційними профілями. Більше того, судна спеціального призначення, які вимагають використання великої кількості електроенергії в короткий час, є гарним кандидатом для використання цих гібридних систем. Використання оптимального джерела енергії в правильний момент – це головна перевага експлуатації подібних систем. На вибір адекватного джерела енергії впливають багато факторів – стан батарей, вартість заряджання, щоденні потреби у енергії. Такий тип енергопостачання є сприйнятним для паромів, пасажирських суден, і особливо, буксирів [32].

Не дивлячись на те, що воєнні судна не є підпорядкованими до правил по збереженню оточення, було б гарно робити зусилля в бік їх економічного та екологічного дизайну із збереженням їх базової функції. Декілька обмежень запобігають використанню RES на військових суднах – збільшений тонаж, збільшена відбивна здатність хвиль радару, легше візуальне спостереження із повітря. Наприклад, через велику концентрацію бойових систем та приладів у невеликому просторі, практично неможливо поставили модулі PhotoVoltaic(PV) або вітряних турбін на палубі судна. Тим не менш, існують деякі логістичні судна та судна берегової охорони, на яких встановлення систем RES є можливим. Більше того, таким чином, флот світових держав буде виділяти не тільки його захисну роль у суспільстві, а ще й бажання піклуватись про своє оточення та брати участь у глобальній боротьбі за свою планету.

Під час проведення оптимізації машинного обладнання судна, різні підходи можуть бути використані для вирішення задач оптимізації. До них можна підходити з ціллю зменшити шкідливі викиди в атмосферу, зменшуючи витрати на інвестиції та технагляди, а також зменшення споживання палива судном. Судно, яке споживає менше палива, є більш екологічними, тому ці

вимоги є комплементарними. Враховуючи кошти інвестування для встановлення та підтримання систем RES для невеличких суден, можна встановити період виплат інвестицій в декілька років через зменшення споживання палива. Є RES-система підходящою для конкретного типу судна, чи ні – залежить не тільки від специфіки експлуатації судна, але також від середовища, в якому воно експлуатується [33].

5.2. Аналіз ефективності застосування альтернативних джерел енергії на морських суднах

5.2.1. Параметри судна, обраного для експерименту

Розглянемо судно як платформу для встановлення RES-систем. Схема розподілення потужності по судну та запропоноване рішення для використання поновлюваних джерел енергії також наводиться, разом із пропозицією по технічній імплементації системи для застосування джерел сонячної та вітряної енергії, враховуючи специфікації для індивідуальних елементів системи. Також створили модель симуляції для нашої системи.

Схематична діаграма розподілу потужності по судну для групи споживачів 230V, що постачаються за рахунок використання дизель-генераторів або поновлюваною енергією наведено на рис. 5.2. Синхронні генератори, керовані двома дизельними двигунами, постачають головну лінію судна. Споживачі рівня навантаження 230 V постачаються роторним конвертером [34].

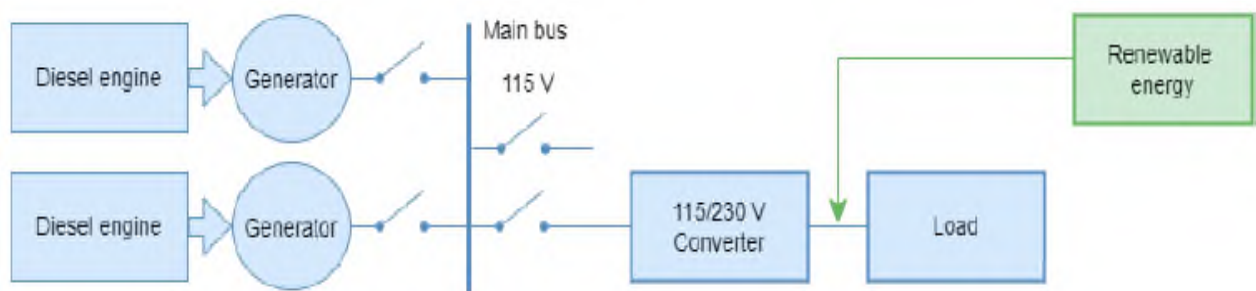


Рисунок 5.2 – Схематична діаграма розподілу живлення по судну

У якості прикладу для застосування RES, ця дослідницька частина приведе логістичне судно РТ-71. Воно було побудоване в 1956 році під ім'ям Медуза в Трогірі, і є частиною серії логістичних суден. Воно використовується для доставки води до островів та ізольованих радарних станцій.

Хар-ки судна:

- Довжина 43,7 м;
- Ширина 8,2 м;
- Посадка 3,5 м;
- Дизельний двигун B&W, 684 kW;
- Максимальна швидкість 10 вузл.;
- Два дизель-генератори, 32 kW, 115V;
- Дві групи батарей (2x180 Ah).

Баланс електрики для такого судна наведемо в табл. 5.1.

Таблиця 5.1 – Електричний баланс судна РТ-71

No.	Consumer	Power	No.	Consumer	Power
1.	ME pre-lubrication pump electric motor	0.65 kW	9.	Electric winch motor	4.04 kW
2.	General service electric pump motor	10 kW	10.	Rotary converter for radio devices	0.9 kW
3.	Fuel transfer pump motor	3.65 kW	11.	Static converter	1.5 kW
4.	Bilge pump electric motor	1.84 kW	12.	Three-phase transformer	25 kW
5.	Air compressor electric motor	11.2 kW	13.	Single-phase transformer	3 kW
6.	Freshwater pump electric motor	0.73 kW	14.	Silicon rectifier	1 kW
7.	Engine room fan motor	0.55 kW	15.	Electric stove	14.5 kW
8.	Electric windlass motor	11 kW	16.	Rotary converter 220 V	10 kW
			In total		99.56 kW

Кондиціонери, холодильники, стиральні машини, телевізори, навігаційні та радіо-пристрої живляться роторним конвертором. Він побудований таким чином, що електричний мотор керує генератором з використанням шківу. Електричний мотор та генератор мають ефективність по 90%, як і генератори, що використовуються для виробництва електроенергії. Вони керуються дизельним двигуном Perkins 4.4 GM, що споживаю 0,258 л палива за кВт/год. Наступна формула дає нам уявлення про загальну систему ефективності:

$$\eta_T = \eta_G * \eta_{RCM} * \eta_{RCG} = 0,9 * 0,9 * 0,9 = 0,729 = 72,9\%$$

де: η_T – загальна ефективність;

η_G – ефективність генератору;

η_{RCM} – ефективність мотора роторного конвертера;

η_{RCG} – ефективність генератору роторного конвертера.

Таким чином, щоб отримати 1 кВт/год електроенергії для групи споживачів з рівнем напруги 230 В, необхідно витратити 0,354 л палива. Враховуючи ціни на «блакитне» дизельне паливо в 1,23 євро/л, 1кВт/год коштує 0,435 євро лише за паливо, виключаючи витрати на мастило та превентивний технагляд та амортизацію.

На рис. 5.3 зобразимо судно як платформу для встановлення джерел поновлюваної енергії. Встановлення модулів PV можливо на кришках танків свіжої води. Основа вітряної турбіни може бути встановлена на носу судна.

5.2.2. Застосування енергії сонця

Під час проектування системи, перше спостережене обмеження – це наявність доступного місця для встановлення ПВ-модулів на палубі судна. На борту є можливість для встановлення цих модулів на кришках танків свіжої води.

Розміри кришки кормового танка – 560х635 см, а носового танка – 560 х 575 см, із загальною площиною 64,5 м².

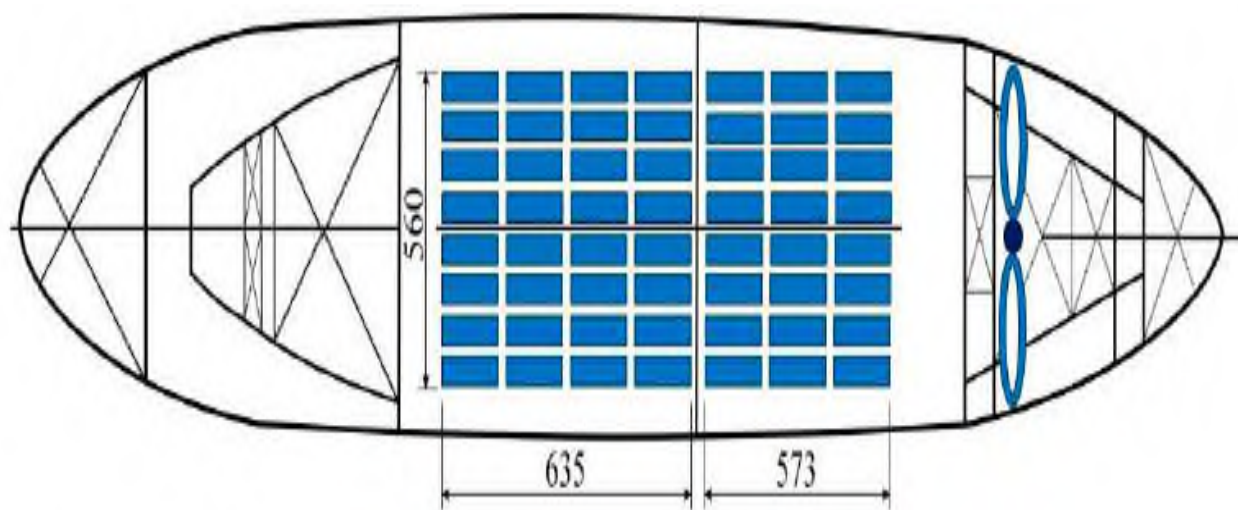


Рисунок 5.3 – Схематичне зображення розташування PV-модулів та вітряної турбіни(розміри в см)

Через специфічні умови експлуатації на борту судна, ПВ-модулі повинні бути стійкими до важких погодних умов та морської солі. Цей розділ розглядає ефективність встановлення ПВ-модулів, що були вироблені Nature Power, монокристалін з номінальною потужністю 200 Вт. Розміри кожної панелі – 147 х 66 х 3,5 см, вага – 11,2 кг, максимальна віддача – 20,3 В.

Враховуючи розміри танкової кришки, можливо встановити до 56 модулів із загальною потужністю 11200 Вт та максимальною віддачею 551,6 А при напрузі 20,3 В.

Під час визначення правильного місця встановлення панелей необхідно розташувати їх якнайвище, для того, щоб частини структури судна та надстройки не створювали зайву тінь та знижали ефективність використання сонячних панелей [35].

Батареї з можливістю перезарядки є найбільш дорогим елементом системи з обмеженим сроком життя. Для того, щоб зменшити використання таких батарей, ПВ-модулі під'єднуються до групи споживачів 220 В та частотою 50 Гц шляхом використання гібридного конвертера.

Батареї слугують як акумулятор надмірно виробленої енергії, яка споживається, коли ПВ-модулі перестають виробляти достатню кількість енергії для покриття потреб споживачів. Мінімальне споживання електроенергії, яке потребується для забезпечення базових потреб судна, не падає нижче за 4,3 кВт. Тому, система повинна зберігати зайву енергію з максимальною потужністю 6900 Вт.

У якості батарей були обрані Trojan, з номінальною напругою 12 В та ємністю в 225 А*год. Під час підрахунків характеристик батарейної станції, початкове обмеження – максимальний потік заряду у 13% від оціненої ємності батарей. Так як система повинна зберігати 6900 Вт електроенергії при напрузі у 48 В, максимальний потік заряду не повинен перевищувати 144 А.

Відповідно, були обрані батареї загальною ємністю 1125 А*год. Напруга 48 В була досягнута серійним поєднанням чотирьох батарей, а ємність була досягнута паралельним під'єднанням п'яти груп батарей. Таким чином, необхідно 20 батарей для створення однієї батарейної станції.

У найближньому майбутньому ми напевно зможемо спостерігати значне зменшення цін на батарейні системи, що призведе до зменшення коштів цілої системи RES [36].

Витрати на закупівлю, встановлення та технагляд за елементами системи були враховані. Індивідуальні елементи ДПЕ-систем були обрані без надання переваги конкретним виробникам.

В табл. 5.3 відображемо вартість всіх елементів сонячної системи.

Таблиця 5.3 – Вартість всіх елементів сонячної системи

No.	Name	Price per Unit	Total Procurement Costs	Maintenance Costs (Period of 25 Years)	Total Costs
1	2	3	4	5	6
1.	PV panel Nature power Rigid 200W	440	24,640	280	24,920

Продовження табл. 5.3

1	2	3	4	5	6
2.	Battery Trojan Spre 12,225 Ah (three sets)	517	31,020	270	31,290
3.	Converter IMEON 9.12	4359	4359	700	5059
4.	Installations	2000	2000	400	2400
	In total		62,019	1650	63,669

5.2.3. Застосування вітряної енергії

Впродовж історії судноплавства, енергія вітру була використана інтенсивно до моменту початку масового використання двигунів внутрішнього згорання. Нині, вітер використовується для руху вітрилами або вироблення електрики турбінами. Пропульсія судна за допомогою вітру має чудовий потенціал, щоб зробити судна ефективнішими (ротори: 0,4-50%, kites: 1-50%, тверді паруси: 5-60%, м'які паруси: 4,2-35%, вітряні турбіни: 1-4%). Вибір найбільш сприятливого рішення залежить від декількох параметрів: вид судна, маршрут навігації, вид операції, і законних обмежень.

Пристосування технології ротора Flettner було також взято до уваги. Проте, так як представлене судно, як платформа для установки РЕ, маленьке за розміром - установка такого ДПЕ значно впливала б на остійність судна.

Так як це специфічне судно, яке проводить більшість з його часу у базовому порту, логічним вибором була би вітряна турбіна, яка доставляє електрику навіть, коли судно відпочиває у порту.

На відміну від сонячних модулів, декілька готових рішень вітряних турбін готові для установки на судні. Є концепти турбін, які можуть спуститися до палуби із-за поганих погодних умов. Розмір турбін і особливості має бути зроблений на замовлення до судна-платформи.

Ефект на остійність, безпеку навігації, і морські властивості судна треба бути взятим до уваги. Оскільки центр тяжіння турбін проходить близько до центру ротора, дія на остійність судна дуже негативна, особливо у сильних

поривах зустрічних вітрів. На додаток, обертаюча турбіна скорочує можливість визначення об'єктів перед судном, що має негативну дію на загальну безпеку [37].

Це відомо, турбіна – машина, що обертає, яка перетворює вітрову кінетичну енергію в електроенергію. Спершу, енергія вітру перетворюється на механічну енергію, яка потім перетворена електричним генератором в електричну енергію. Згідно з німецьким математиком А. Betz, підхід кінетичної енергії показує, що максимальний силовий коефіцієнт СТ не може перевищити максимум 59.3%.

Для того, щоб зробити порівняння застосування сонячної та вітрової енергії можливим, була обрана вітрова турбіна 10 кВт, розроблена Waltery Wind Turbine. Базові властивості цієї турбіни наступні:

- Середня потужність: 10 кВт;
- Максимальная потужність: 12 кВт,
- Середня напруга – 240/380 В,
- Вага: 368 кг;
- Діаметр гвинта – 6.55м;
- Число крил – 3;
- Висота колони – 9м;
- Срок життя – 20 років.

Немає даних по застосуванню цієї турбіни на борту судна, тож складно надійним чином оцінити прийнятність встановлення такого пристрою на борту. Через неприємний вплив морських умов, можна передбачати, що срок життя буде трохи коротшим у морі, ніж на березі, та буде складати приблизно 13 років. Це означає одну агрегатну заміну з приблизним строком життя в 25 років.

Враховуючи призначення судна та розташування існуючого обладнання, єдине сприятливе місце для встановлення вітрових турбін – це ніс відкритої палуби судна на рис 5.3.

В табл. 5.4 відображена вартість всіх елементів вітрової системи.

Таблиця 5.4 – Вартість всіх елементів вітрової системи на судні (в євро)

No.	Name	Price per Unit	Total Procurement Costs	Maintenance Costs (Period of 25 Years)	Total Costs
1.	L-10kW Generator and Blade	3867	7734	1300	9034
2.	Controller and load-dump	657	1314	300	1614
3.	Full Sine-wave Converter	1256	2512	600	3112
4.	Guy Wire Tower	749	1498	300	1798
5.	Production of foundations and cable trays	6700	6700	250	6950
6.	Battery Spre 12, 225 Ah (three sets)	518	31,020	270	31,290
7.	Installations	1300	1300	400	1700
	In total		52,078	3420	55,498

Відносно системи сонячних панелей, встановлення вітрових турбін є більш вимогливим та дорогим та потребує схвалення офіційного реєстру. Передбачається, що конструкція вітрової турбіни коштує близько 6700 євро.

5.2.4. Схематичні діаграми запропонованих систем живлення судна

Рис. 5.4(а) показує схематичну діаграму існуючої системи живлення судна та застосування ДПЕ – сонячної енергії (рис. 5.4(б)) та вітрової енергії (рис. 5.4(в)). Дизельне паливо використовується в системі живлення судна для постачання енергії до внутрішнього ДВЗ, який керує синхронним генератором. Автоматичний регулятор напруги(АРН) керує напругою в мережі, поки

регулятор швидкості обмежує постачання палива для підтримання швидкості двигуна та отримання бажаної частоти мережі. Генератор живить головну лінію мережі, через яку роторний конвертор поправляє напругу та частоту споживачів 220 В 50 Гц. У випадку ДПЕ, електрика постачається напряму до споживачів [38].

Рис. 5.4(б) показує джерело сонячної енергії. Вона конвертується в електроенергію ПВ-модулем. Потім вона постачається на контролер, який підтримує задані параметри мережі шляхом керування потоком енергії відповідно до потреб системи в заданий момент. Це можна вважати інтегрованою системою керування, яка сама обирає найбільш оптимальне джерело енергії в будь-який момент. У випадку, коли електрика, яка генерується ПВ-модулями є меншою за потреби споживачів, контролер бере додаткову енергію з системи зберігання енергії (СЗЕ).

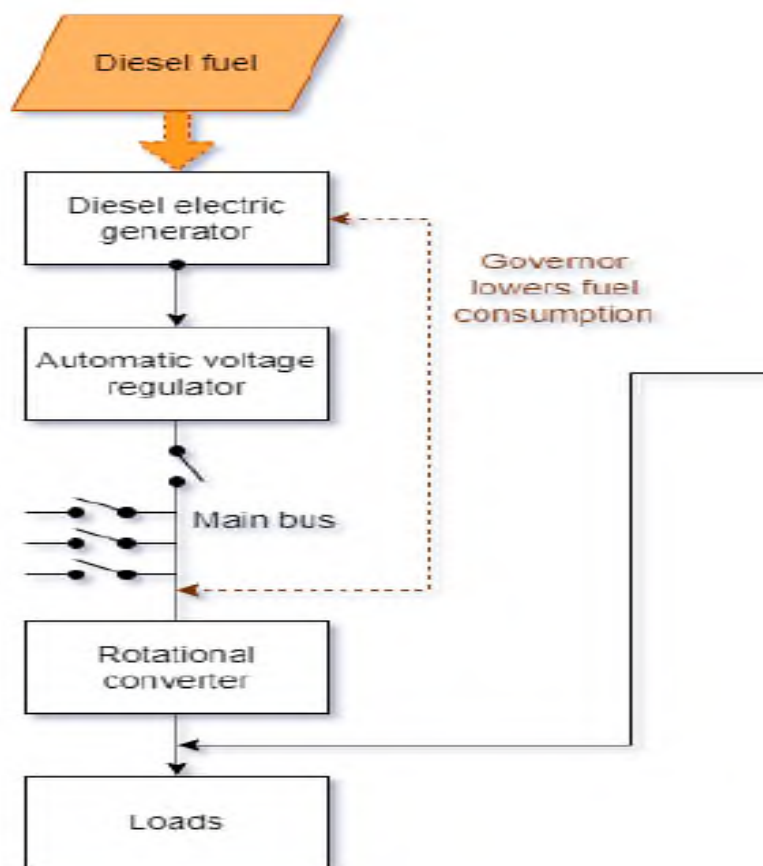


Рисунок 5.4(а) – Діаграма існуючої системи живлення судна

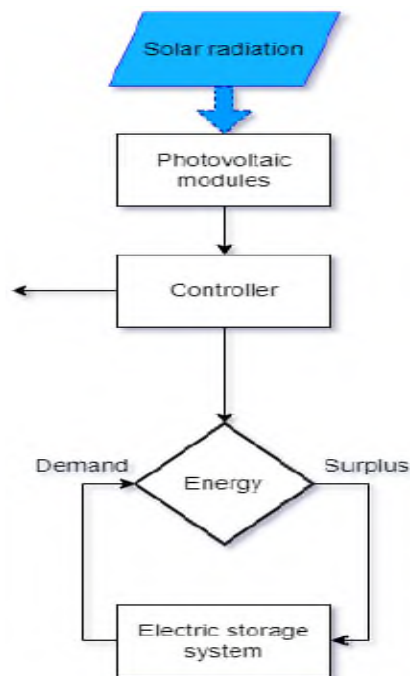


Рисунок 5.4(б) – Застосування сонячної енергії

Рис. 5.4(в) показує ДПЕ, що живиться вітровою енергією. Аналогічно до рис. 5.4(б), всі елементи системи працюють так само, різниця лише в обраному джерелі енергії.

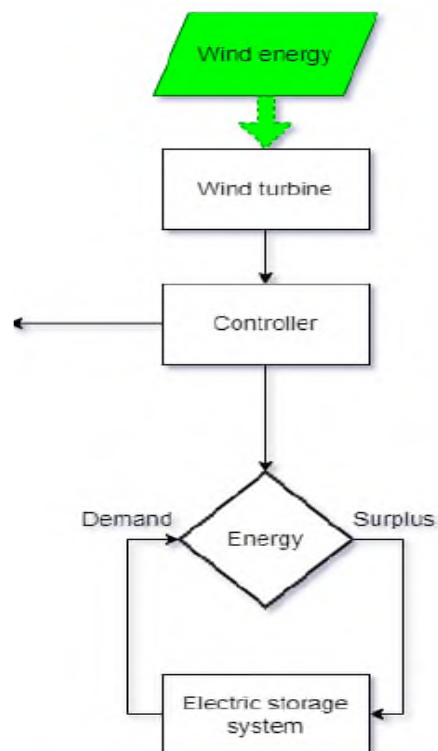


Рисунок 5.4(в) – Застосування вітряної енергії

5.2.5. Опис установки для експерименту

Система живлення судна є комплексною, тому що елементи виробництва електрики, її розподілу та споживання, знаходяться в одному місці. Комплексність системи є особливо виразною, коли мова йде про використання технологій високих напруг та ДПЕ. Для вибору відповідної конфігурації системи необхідно створити модель для конкретного типу судна. Прикладаючи різні рішення оптимізації та моделей призведе до оптимальної вибірки елементів системи. Різні умови експлуатації, в яких функціонує система живлення судна, повинні враховуватись під час проектування моделі. Для перевірки існуючих систем та оцінки нових можливих рішень зазвичай використовуються симуляції.

Так як обидва запропонованих рішення є концептуальними, не існує судна для референсу, на якому було б можливо провести тестування в реальних умовах. Тому, розробили симуляційну модель, і засновуючись на ній, будемо робити необхідні висновки. Приклад пристосування систем ДПЕ був симульований на мові програмування Simulink та програмі MatLab, як зображено на рис. 5.5. Симуляція не відображає гібридний багатоцільовий конвертер, але всі інші елементи системи (дизель-генератор, батареї, ПВ-модулі, вантаж) змодельовані як окремі системи з функціями інтероперативності. Для простоти симуляції, роторний конвертер не був показаний як електричний мотор та генератор, а як трансформер.

5.3. Результати експерименту

5.3.1. Аналіз потенціалу сонячної енергії

Для оцінки пристосування ДПЕ на судні візьмемо район узбережжя Хорватії. Візьмемо дані з 1970 по 2000 рік про застосування сонячної/вітряної енергії, змінні, кількість сонячних годин, дані про швидкість вітру і т.д.

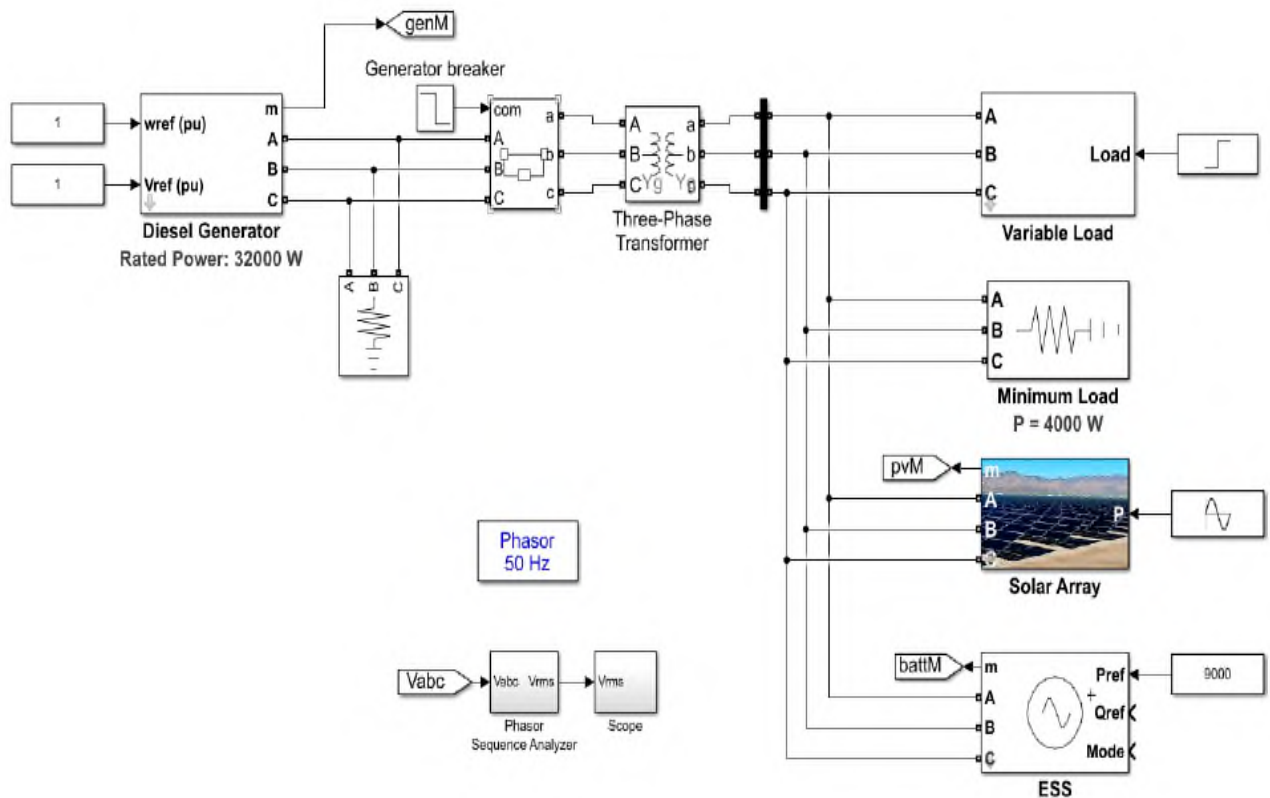


Рисунок 5.5 – Симуляційна модель системи живлення судна

Рис. 5.6 відображає шість локацій на стороні Хорватії, які покривають все Адріатичне море. Змінна кількість сонячних годин визначалась як загальна кількість сонця за місяць.

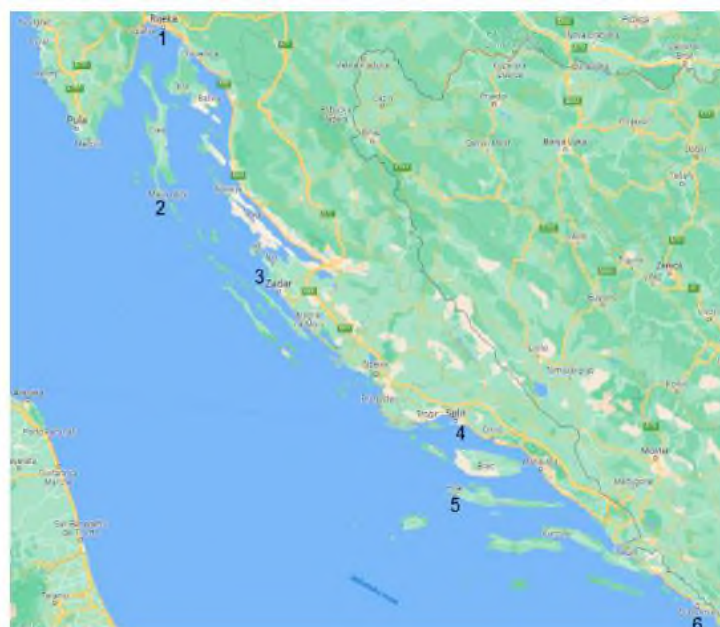


Рисунок 5.6 – Шість позицій на хорватській стороні Адріатичного моря

З цього рисунку можна побачити, що номери від 1 до 6 – це відмічені зони: 1 – Rijeka, 2 – Mali Lošinj, 3 – Zadar, 4 – Split, 5 – Hvar, 6 – Dubrovnik. Таким чином, покривається все Адріатичне море.

На рис. 5.7 побачимо, що найбільшу кількість сонячних годин ми маємо у липні. Наприклад, для острова Хвар, мінімальна кількість сонячних годин припадає на грудень, а максимальна – на липень. За рік, острів Хвар має 2733 сонячних годин із стандартною девіацією в 85 сон.годин. (2733 ± 85).

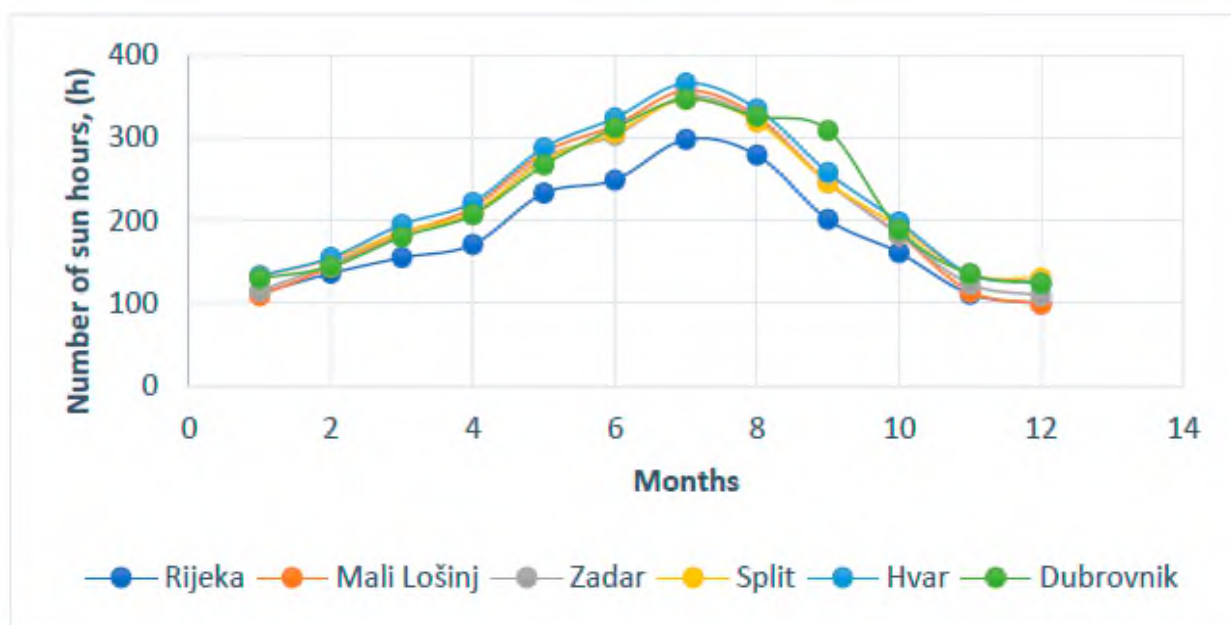


Рисунок 5.7 – Графік змінного числа сонячних годин для шести обраних локацій в Адріатичному морі

5.3.2. Аналіз потенціалу вітряної енергії

Для того, щоб виконати аналіз потенціалу вітряної енергії на шести обраних позиціях, необхідно знати характеристики та розподіл вітру. Хорватський атлас вітру показує середню швидкість вітру та середню щільність вітрової сили на 10 м над землею. Атмосферна нумерична модель швидкості вітру та щільності вітрової сили зобразує середнє значення на клітці розміром 2 км x 2 км.

Засновуючись на цій карті, табл. 5.5 відображає швидкість вітру на шести локаціях.

Таблиця 5.5 – Виміряна базова швидкість вітру на шести локаціях

	Location	(m/s)
Basic wind speed	Rijeka	25,8
	Mali Lošinj	25,6
	Zadar	22,9
	Split	25,4
	Hvar	25,7
	Dubrovnik	25,2

Таким чином, для порівняння потенціалу вітрової енергії, рекомендується використовувати базову карту швидкостей вітру із виміряними даними на кожній локації. Базова швидкість вітру – це максимальна десятихвилинна швидкість вітру на 10 м над землею із категорією жорсткості II, яка може бути перевищена лише 1 раз за 50 років.

5.3.3. Аналіз завтосування двох видів джерел

В попередньому пункті обрано 6 локацій від півночі до півдня Адріатичного моря. Спочатку проаналізуємо потенціал сонячної енергії, потім – вітрової, потім – проаналізуємо дані двох джерел одночасно для перевірки кореляцій та статистичних вимірів. Для кореляції буде використана кореляція Пірсона, та проведений статистичний тест АНОВА для перевірки важливості отриманих результатів. Нарешті, зробимо відповідні висновки.

З табл. 5.5 можемо спостерігати, що Хорватія має, в середньому, 2563 сонячних годин на рік із стандартною девіацією 186 (2562 ± 186). Додатково, мінімальне число цих годин – 2205, максимальне – 2733.

Перше питання, на яке необхідно дати відповідь до початку аналізу запропонованої системи, чи вплине кількість сонячних годин в конкретному регіоні на працю системи. Для цього використали дві статистичних метрики:

коефіцієнт кореляції та тест АНОВА (аналіз варіації). Відношення між даними з шести локацій буде встановлено за допомогою коефіцієнтів, а АНОВА-тест визначить рівень значимості (p) між даними. Якщо дані йдуть із одного джерела, то $p > 0,05$, а інакше буде меншим за $0,05$. В першому випадку ми зробимо висновок, що система є залежною від позиції, а у другому випадку висновок буде протилежним. Результати проведення кореляції Пірсона будуть зображені на табл. 5.6.

Із табл. 5.6 можна спостерігати, що зібрана дата має великі коефіцієнти кореляції. Більше того, проводячи АНОВА-тест, отримуємо $p = 0,826$, тобто $p > 0,05$, і можна зробити висновок, що система є незалежною від позиції, а отримані результати будуть справедливими для будь-якого регіону Адриатичного моря.

Таблиця 5.6 – Коефіцієнти кореляції кількості сонячних годин між локаціями в Адриатичному морі

Pearson Correlation Coefficients	Rijeka	Mali Lošinj	Zadar	Hvar	Split	Dubrovnik
Rijeka	1					
Mali Lošinj	0,994	1				
Zadar	0,996	0,999	1			
Hvar	0,995	0,999	0,999	1		
Split	0,996	0,997	0,998	1,000	1	
Dubrovnik	0,964	0,971	0,975	0,975	0,975	1

З табл. 5.6 видно, що ця зона є здебільшого гомогенною. Середня швидкість вітру для всіх локацій є $25,77$ м/с із стандартною девіацією $0,6$ (тобто, $25,77 \pm 0,6$).

Більше того, якщо дані сонячних годин та швидкості вітру аналізувати разом, та коефіцієнт кореляції Пірсона буде дорівнювати $-0,2466$, що показує відсутність будь-якої кореляції між аналізованими даними. АНОВА-тест дає $p < 0,05$, з чого можна зробити висновок, що дані йдуть із різних джерел і кожне джерело треба аналізувати окремо від інших. Враховуючи, що швидкості вітру

можуть перевищувати 55,6 м/с, може бути складним знайти застосування для вітрових турбін.

5.3.4. Результати симуляції

Результати, отримані від системи у симуляційній моделі, можемо побачити на рис. 5.8. Перший графік показує частоту мережі через зміни, засновані на виробництві та споживанні мережі. Другий графік показує джерела електроенергії: дизель-генератори марковані червоною лінією, ПВ-моделі – зеленою лінією, перезаряджувальні батареї – блакитною лінією. Третій графік показує стан заряду батарей. Нарешті, четвертий графік показує електричну напругу залежно від різних станів мережі [39].

Симуляція тривала 45 с та представляла сонячну частину дня – тобто частину дня, в якій ПВ-модулі мають природне освітлювання. Симуляція розділена на три окремих фази, що описують різні операційні стани електричної мережі судна. Опишемо їх далі:

Фаза 0-15 с:

Спочатку, спостерігається мінімальне навантаження 4 кВт на стороні споживача. Дизель-генератор живить мережу потужністю в 4 кВт, поки ПВ-модулі із позитивною амплітудою починають постачати електроенергію в систему. Через надлишок виробленої енергії відбувається заряд батарей.

Фаза 15-30 с:

На момент $t = 15$ с, дизель-генератор від'єднується від мережі. Через підвищення потужності, що генерується ПВ-модулями, вироблена енергія все ще є більшою за споживання та переходить у перезаряджальні батареї.

Фаза 30-45 с:

На момент $t = 30$ с, змінне навантаження під'єднується до головної лінії. Так як кількість енергії, яка виробляється ПВ-модулями, зменшується, і через підвищення споживання електроенергії, батареї розряджаються для стабілізації напруги та частоти мережі.

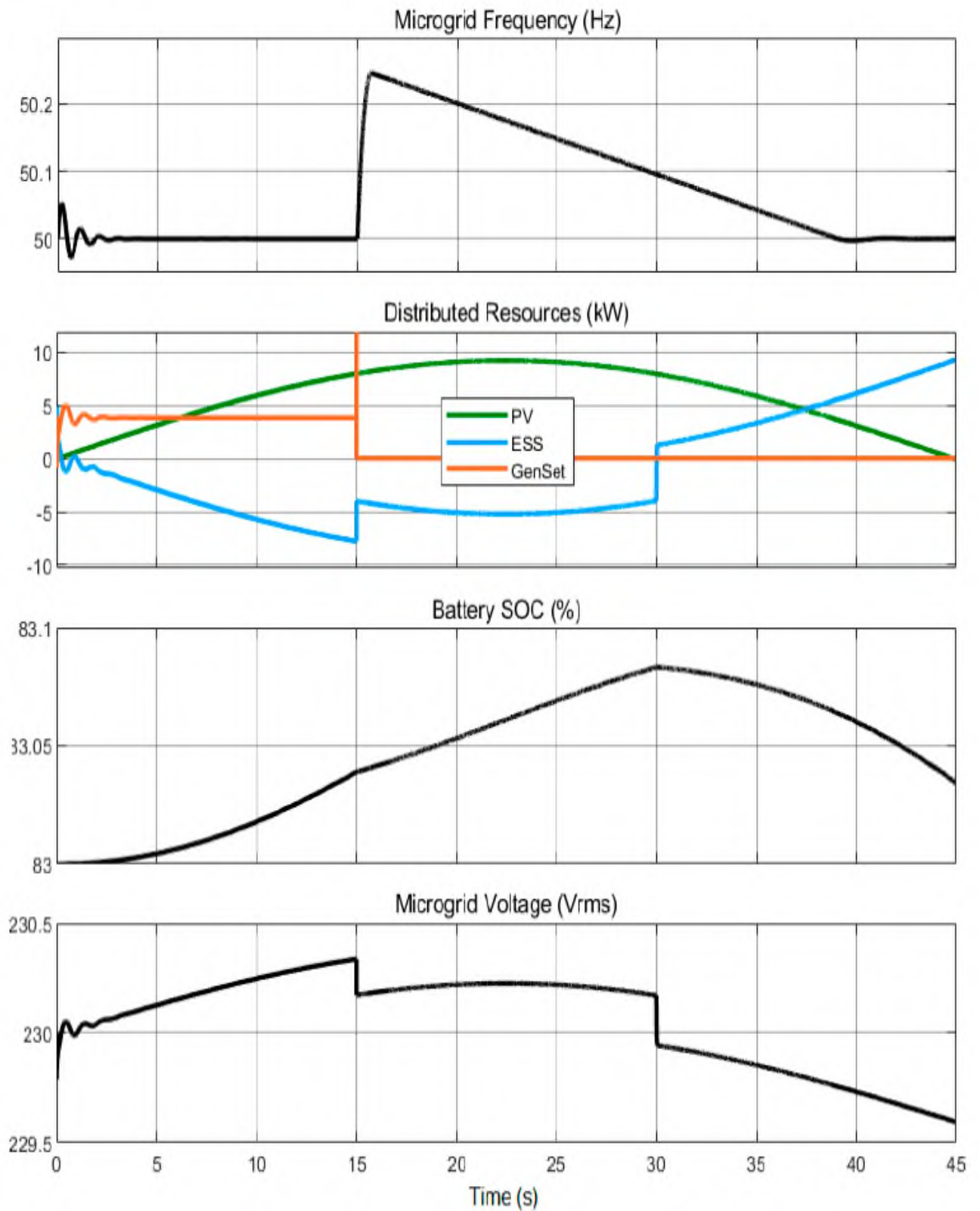


Рисунок 5.8 – Результати симуляційної моделі

Спостерігаючи за напругою та частотою, можна сказати, що система є стабільною, особливо якщо вона вважається ізольованою.

5.3.5. Порівняння застосування повітряної та сонячної енергії на судні

За період спостереження 25 років, сонячна система повинна створити 334 МВт*год. Ціна електроенергії, що створюється системою сон.панелей, дорівнює 0,191 євро/кВт*год. Не дивлячись на те, що не очікується значних покращень ефективності ПВ-модулів та перезаряджальних батарей у найближчому майбутньому, ціна може варіюватися через зовнішні фактори(кризиси). Тим не менш, у довготерміновій перспективі, ціни повинні тільки зменшуватись, не враховуючи зовнішні фактори по типу інфляції. Через це системи ДПЕ мають все більшу економічну користь у майбутньому. Для визначення економічного прибутку від вітрових турбін, необхідно знати середню швидкість вітру. Хорватський атлас вітру дає нам цифру 3,5-4 м/с на висоті 10м над землею. Для підрахунків використаємо висоту турбіни в 9м та висоту надстройки судна.

Враховуючи роторний діаметр, швидкість вітру 3,75 м/с, швидкість врізання в 3 м/с, ефективність турбіни в 40% та параметр фігури 2, передбачається виробництво електрики у розмірі 2928 кВт*год. Втрати електроенергії будуть складати до 25%, якщо враховувати ефективність елементів системи (контролер вітрової турбіни – 90%, повний інвертор синусових хвиль – 85%, проводка – 98%). Таким чином, середнє виробництво енергії 2196 кВт*год буде доставлено у систему. За рік, це призводить до цифри 19 МВт*год або 481 МВт*год за період 25 років. Ціна електроенергії, що отримана таким чином – 0.115 євро/кВт*год [40].

Для того, щоб обрати, який тип ДПЕ є більш оптимальним для використання на обраному нами типі судна, проведемо порівняння сонячної та вітрової енергії (табл. 5.7)

Таблиця 5.7 – Порівняння застосування вітрової та сонячної енергії на судні

Parameter/Type of Energy	Solar Energy	Wind Energy
1	2	3
Total investment (€)	63,669	55,498

Продовження табл. 5.7

1	2	3
Price of energy produced, (€/kWh)	0,191	0,115
Installation	Moderately demanding	Complicated
Impact on ship stability and maritime features	Minimal	Unfavorable, especially with strong side wind gusts
Impact on living and working conditions on board	Almost negligible	Extremely unfavorable
Savings in diesel fuel consumption over a period of 25 years, (l)	111,556	170,274

При використанні ПВ-модулів, загальні витрати на встановлення та підтримання системи є більшими ніж за використанням вітрової енергії. Модулі Nature Power 200 Вт підходять для встановлення на борту, і таким чином, є дорожчими. Через вимогливі умови експлуатації, срок життя вітрової турбіни та можливі проблеми ремонту є під питанням.

Враховуючи загальні кошти інвестицій та кількість виділеної електроенергії на дистанції до 25 років на обох спостережених системах, робиться висновок – використання вітрової енергії є більш прийнятним з економічної точки зору. Ціна кВт енергії, що отримується через ДПЕ з вітрових турбін є дешевшою за сонячну систему, тобто інвестиція повертає кошти значно швидше.

Встановлення ПВ-модулів на кришках танків свіжої води є відносно простішим та не потребує роботи над корпусом судна. Але з іншого боку, для конструкції фундаменту вітрової турбіни необхідно приготувати особливий проект, який буде узгоджений із офіційним реєстром.

Вплив такої турбіни на остійність та морські характеристики судна при встановленні ПВ-модулів є мінімальним. На контрасті, вітрова турбіна встановлюється на великій висоті, тобто тут мається дуже негативний вплив на остійність, який є особливо виразним під впливом шквалів та качці судна.

Найсильніший шквал вітру у Хорватії дорівнює швидкості 248 км/год біля мосту Масленіца. На додаток, лопасті можуть заважати офіцеру-навігатору судна, тому що вони частково загороджують вид попереду. Мінуси від встановлення модулів сонячної енергії полягають у можливому відбитті сонячного світла під певними кутами, що може негативно вплинути на навігатора.

Вплив на умови життя та роботи під час встановлення ПВ-модулів є майже непомітним. При використанні вітрової енергії, цей вплив є дуже помітним та неприємним через високий рівень шуму та близькість турбіни до житлової надстройки. Це особливо помітно під час швартування судна та проведення ремонтних робіт. Тим не менш, є й інші аспекти встановлення обладнання на борту судна, які потрібно враховувати. Більш того, вітрова турбіна може створювати опір залежно від напрямку вітру. Тим не менш, через специфічний оперативний профіль обраного нами судна, цей вплив ігнорується, тобто більшість свого часу судно проводить у порту базування.

Використання сонячної енергії може призвести до економії більше 111000 л дизельного палива, а економія від вітрової енергії дорівнює 170274 л за весь період експлуатації судна (25 років). Економія палива є значно більшою у другому випадку, як можемо побачити – тобто зменшується кількість викидів CO₂ в атмосферу і менше забруднюється оточення.

5.4. Висновки

Це дослідження представляє можливості імплементації ПВ-модулів та вітрових турбін на борту торгового або логістичного судна. Загальні витрати на закупівлю, встановлення та технагляд за системою за період 25 років були проаналізовані, а також враховані передбачувані виробництва електроенергії.

Маємо наступний висновок – економія та ефективність від встановлення систем джерел поновлюваної енергії є беззаперечною, так як ціна енергії, що отримується від ПВ-модулів, дорівнює більше, ніж половині ціни енергії, яка виробляється за допомогою дизель-електричних генераторів. На додаток до

цього, значною перевагою тут виступає витримка та міцність електричної системи живлення судна, особливо у випадку втрати живлення базового джерела енергії.

Симуляція, що була проведена з використанням Simulink/MATLAB довела, що така електрична мережа є стабільною. Так як обидва джерела енергії в обох прикладах потребують схожий рівень потужності та є еквівалентно неперіодичними, не було необхідним проводити дві окремі симуляції.

Дослідження джерел сонячної та вітрової енергії для встановлення їх на судні показує, що сонячні панелі підходять для встановлення та забезпечення енергоефективності судна разом із зменшенням викидів парникових газів до атмосфери, що задовольняє міжнародні вимоги.

Більше з тим, для зони дослідження (Адріатичне море) було показано, що кількість сгенерованої сонячної та вітрової енергії не залежить від позиції судна, що було доведено аналізом кореляцій та АНОВА-тестом. Також, вітрові турбіни можуть використовуватись на судах, але на певних типах суден використовувати їх неможливо через їх значний вплив на остійність та безпеку судна.

Обмеження проведеного дослідження полягає у тому, що джерела енергії вітрової та сонячної не були проаналізовані як інтегрована система, яка приймає одночасно всі параметри для повного аналізу стану судна. Інше обмеження – це відсутність врахування можливих інтересів фрахтувальників та стейкхолдерів стосовно безпеки та швидкості рейсів. Із розвитком технологій поновлюваної енергії, основним викликом стане безпека пристосування. Це особливо помітно в технологіях літєвих батарей та їх небезпек самозаймання. Тому, потрібне додаткове дослідження та встановлення напрямків розвитку.

Тим не менш, запропонована модель є корисним інструментом, який легко можна накладати на інші типи суден та джерел поновлюваної енергії для подальшого аналізу.

РОЗДІЛ 6

РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ СУДНА В РЕЙСІ

6.1. Рейсове завдання

Кожен рейс характеризується з кількісної та якісної сторони. Кількість працюючого тоннажу, обсяги перевезень, витрати часу, матеріальних і грошових ресурсів характеризуються абсолютними величинами. Кожен показник відображає якусь суттєву сторону транспортного процесу. У сукупності ці величини тісно пов'язані між собою і представляють єдину систему експлуатаційних, економічних і валютно-фінансових показників роботи судна, і загалом флоту [1, 42].

Початкові дані для рейсового завдання балкера «FRANCESCO CORRADO» з порту Річардс-Бей в порт Чжаныцзян зведені в табл. 6.1.

Таблиця 6.1 – Початкові дані для розрахунку рейсу

№	Найменування показників	Умовні позначення	Од. вимір.	Значення
1	2	3	4	5
1	Балкер «FRANCESCO CORRADO»	Dw	т	74475
2	Запаси на початок рейсу	Gзап	т	2038,9
3	Відстань між портами	L	милі	6132,87
4	Кількість завантаженого вантажу	Q	т	71955,3
5	Фрахтова ставка за 1 т	f	\$/т	23
6	Норми завантаження вантажу	Mзав	т/добу	12000
7	Норми розвантаження вантажу	Mвив	т/добу	14000
8	Експлуатаційна швидкість	V _{екс}	вузл	12,4
9	Швидкість в каналах, в вузкостях	V _{кан}	вузл	8
10	Добова витрата палива на ходу:			

Продовження табл. 6.1

1	2	3	4	5
	важке	$q_{хт};$	т/добу	28
	легке	$q_{хл}$	т/добу	-
11	Добова витрата палива на стоянці:			
	важке	$q_{стт}$	т/добу	5
	легке	$q_{стл}$	т/добу	-
12	Вартість 1 т палива:			
	важке	$\Pi_{в}$	\$/т	650
	легке	$\Pi_{л}$	\$/т	800
13	Балансова вартість судна	$C_{бал.}$	\$	11500000
14	Річна норма амортизації	$H_{ам.}$	%	10
15	Час поза експлуатацією судна	$T_{вэ.}$	діб	10
16	Чисельність екіпажу	$\Psi_{эк.}$	чол.	17
17	Час затримки в дорозі	$t_{зад.}$	год.	1,2
18	Додатковий час в портах	$t_{доп.}$	діб.	0,2
19	Заробітна плата екіпажу	$R_{зп.}$	\$/добу	2100
20	Витрати на технічне постачання	$R_{тс.}$	\$/добу	85
21	Навігаційні витрати	$R_{нав.}$	\$/добу	370
22	Портові збори	$R_{пор.}$	\$	16000
23	Агентування суден	$R_{аг.}$	\$/добу	200
24	Витрати на страхування суден	$R_{стр.}$	\$/добу	420
25	Вартість на ремонт	$C_{рем}$	\$/мр.п.	20000
26	Вартість одного докування	$C_{док}$	\$	50000

Вихідні дані в табл. 6.1 використовуються для наступних розрахунків [1].

6.2. Розрахунок кількісно-експлуатаційних показників роботи судна в рейсі

1. Розраховуємо чисту вантажопідйомність судна:

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

$$D_{\text{ч}} = 74475 - 2038,9 = 72436,1 \text{ т.}$$

2. Розраховуємо експлуатаційний період роботи судна

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

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

3. Розраховуємо час рейсу

а) ходовий час:

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

$$t_{\text{х}} = (6132,87 / 24 \cdot 12,4) + 0,05 = 20,66 \text{ діб.}$$

б) стояночний час:

$$t_{\text{ст}} = t_{\text{ст}}^{\text{п}} + t_{\text{ст}}^{\text{в}} = \left(\frac{Q_1}{M_{\text{н1}}} \right) + \left(\frac{Q_1}{M_{\text{в1}}} \right) + t_{\text{доп}}, \quad (6.4)$$

$$t_{\text{ст}} = (71955,3 / 12000 + 71955,3 / 14000) + 0,2 = 20,65 \text{ діб.}$$

в) час рейсу складе:

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

$$t_{\text{р}} = 20,65 + 11,3 \approx 32 \text{ доби.}$$

4. Розрахуємо провізну спроможність судна

$$\Sigma QL = 71955,3 \cdot 6132,87 = 441292500,7 \text{ тонно-миль/рейс,}$$

$$\Sigma D_{\text{ч}} L = 72436,1 \cdot 6132,87 = 444241184,6 \text{ тонно-миль / рейс.}$$

5. Розрахуємо доходи судна за рейс

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

$$\Sigma F_{\text{рейс}} = 71955,3 \cdot 23 = 1654971,9 \text{ \$/рейс.}$$

6. Розраховуємо витрати судна за статтями за добу:

1) Постійні експлуатаційні витрати судна

а) Витрати на харчування екіпажу:

$$R_{\text{пит}} = \text{Ч}_{\text{эк}} \cdot R_{\text{сут}}, \quad (6.7)$$

$$\Sigma R_{\text{пит.р}} = 17 \cdot 15 = 225,0 \text{ \$ /добу.}$$

б) Витрати на ремонт:

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

$$\Sigma R_{\text{рем.с}} = ((20000 + 370) / 5 / 355 = 11,5 \text{ \$ /добу.}$$

в) Витрати на амортизацію:

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

$$\Sigma R_{\text{ам.р}} = (7500000 \cdot 0,1) / (355 \cdot 100) = 32,4 \text{ \$ /добу.}$$

г) Витрати на загально суднове постачання:

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

$$\Sigma R_{\text{сн.р}} = ((11500000 \cdot 85) / (1775 \cdot 100) = 5507 \text{ \$ /добу.}$$

г) Знайдемо постійні експлуатаційні витрати судна за добу:

$$R_{\text{екс.}} = R_{\text{зп}} + R_{\text{пит.}} + R_{\text{ам.}} + R_{\text{сн.}} + R_{\text{рем.}} + R_{\text{т.сн.}} + R_{\text{нав.}} + R_{\text{п.сб.}} / \text{тр} + R_{\text{аг}} + R_{\text{стр.}}, \quad (6.11)$$

$$\Sigma R_{\text{екс.}} = 2100 + 225,0 + 32,4 + 5507,7 + 54,8 + 85,0 + 370 + 500,1 + 200,0 + 420,0 = 9524,3 \text{ \$ /добу.}$$

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

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

$$R_{\text{кос.}} = 9524,3 \cdot 0,02 = 190,5 \text{ \$ /добу.}$$

3) Знаходимо загальні постійні експлуатаційні витрати судна за добу:

$$R_{\text{общ.}} = R_{\text{екс.}} + R_{\text{кос.}}, \quad (6.13)$$

$$R_{\text{общ.}} = 9524,3 + 190,5 = 9714,8 \text{ \$ /добу.}$$

4) Знаходимо загальні постійні експлуатаційні витрати судна за рейс:

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

$$\Sigma R_{\text{общ.екс.}} = 9714,8 \cdot 32 = 310812,9 \text{ \$/добу}$$

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

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

$$R_{\text{х.тяж.}} = k_{\text{см}} \cdot q_{\text{х}} \cdot Ц_{\text{т}} = 1,0 \cdot 28 \cdot 650 = 18200 \text{ \$/добу},$$

$$R_{\text{ст.тяж.}} = k_{\text{см}} \cdot q_{\text{ст}} \cdot Ц_{\text{т}} = 1,0 \cdot 5 \cdot 800 = 4000 \text{ \$/добу}.$$

б) Розраховуємо змінні витрати за рейс:

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

$$\Sigma R_{\text{пер.}} = (18200 \cdot 20,7) + (4000 \cdot 11,3) = 421315 \text{ \$/рейс}.$$

6. Знаходимо загальні витрати судна за рейс:

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

$$\Sigma R_{\text{рейс}} = 310812,9 + 421315 = 732128 \text{ \$/рейс}.$$

7. Знаходимо прибуток судна за рейс:

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

$$\Delta \Pi_{\text{рейс}} = 1654971,9 - 732128 = 922843,9 \text{ \$ /рейс}.$$

6.3. Розрахунок якісних експлуатаційно-економічних показників роботи судна в рейсі

1. Коефіцієнт використання календарного періоду:

$$K_{\text{э}} = \frac{T_{\text{э}}}{T_{\text{к}}}, \quad (6.18)$$

$$K_{\text{э}} = 355 / 365 = 0,97.$$

2. Коефіцієнт завантаження судна:

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

$$\alpha_{заг} = 441292501 / 444241185 = 0,9934$$

3. Середньодобова експлуатаційна швидкість:

$$V_{ср.} = \frac{L}{t_x}, \quad (6.20)$$

$$V_{ср.} = 6132,87 / 20,65 = 296,9 \text{ милі/добу.}$$

4. Коефіцієнт ходового часу:

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

$$\epsilon_x = 20,65 / 32 = 0,65$$

5. Продуктивність однієї тони вантажопідйомності судна за добу експлуатації:

$$\mu_B = \alpha_3 \cdot V_{ср.} \cdot \epsilon_x, \quad (6.22)$$

$$\mu_B = 0,9933 \cdot 296,9 \cdot 0,65 = 190,4 \text{ т-милі/тнж-добу.}$$

6. Валова прибутковість одних судно-днів:

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

$$\mu_B = 1654971,9 / 32 = 51728,1 \text{ \$/добу.}$$

7. Рівень прибутковості являє відношення доходів до витрат:

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

$$PF = 1654971,9 / 732128 = 2,26.$$

8. Прибуток з урахуванням податку 25%:

$$\Sigma\Pi_{\text{рейс}} = \Delta F - \Sigma N_{\text{нал}} = \Delta F \cdot (1 - 0,25), \quad (6.25)$$

$$\Sigma\Pi_{\text{рейс}} = 922843,9 \cdot (1 - 0,25) = 692133 \text{ \$}/\text{рейс}.$$

9. Розрахуємо собівартість перевезення однієї тони вантажу в рейсі:

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

$$S_T = 732128 / 71955,3 = 10,2 \text{ \$}/\text{т}.$$

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

$$S_{T-M} = \Sigma R_{\text{общ}} / \Sigma Q1, \quad (6.27)$$

$$S_{T-M} = 732128 / 441292500,7 = 0,002 \text{ \$}/\text{т-м}.$$

11. Розрахуємо собівартість утримання судна за добу експлуатації:

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

$$S_{c-c} = 732128 / 32 = 22883,5 \text{ \$}/\text{добу}.$$

6.4. Прогнозування роботи судна за експлуатаційний період

1. Число рейсів за експлуатаційний період:

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

$$\text{Ч}_p = 355 / 32 = 11,1 \text{ рейсів}.$$

2. Обсяг перевезеного вантажу за експлуатаційний період:

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

$$\Sigma Q_{\text{екс}} = 71955,3 \cdot 32 = 2302116,4 \text{ т}.$$

3. Обсяг транспортної роботи за експлуатаційний період:

$$\Sigma Q1_{\text{екс}} = \Sigma Q1 \cdot \text{Ч}_p, \quad (6.31)$$

$$\Sigma Q_{\text{екс}} = 71955,3 \cdot 32 \cdot 6132,87 = 14118580490 \text{ т-м-рейсів}$$

4. Дохід за експлуатаційний період:

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

$$\sum F_{\text{екс}} 1654971,9 \cdot 11,1 = 18363459,03 \text{ \$/рік}$$

5. Загальні витрати судна за експлуатаційний період:

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

$$\sum R_{\text{екс}} = 732128 \cdot 11,1 = 8123643,48 \text{ \$/рік}$$

6. Прибуток судна за експлуатаційний період:

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

$$\sum \Pi = 922843,9 \cdot 11,1 = 10239815,54 \text{ \$/рік}$$

7. Рівень прибутковості роботи судна за експлуатаційний період:

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

$$\sum PF = 18363459 / 8123643,49 = 2,26.$$

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

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

Таблиця 6.2 – Кількісні та якісні показники виконаного рейсу

№ п/п	Найменування показників	Умовні познач.	Од. виміру	Значення
1	2	3	4	5
1	Експлуатаційний період	T_e	діб	355
2	Відстань пройдена судном в рейсі	L, l	милі	6132,87
3	Перевезено вантажів	ΣQ	т	71955,3
4	Судо-діба в рейсі	t_p	діб	32
	а) на ходу	t_x	діб	20,65
	б) на стоянці	$t_{\text{ст}}$	діб	11,3
5	Загальний прибуток	F	\$	1654971,9
6	Загальні витрати	R	\$	732128,0

Продовження табл. 6.2

1	2	3	4	5
7	Чистий прибуток	П	\$	922843,9
8	Коефіцієнт ходового часу	ϵ_x		0,65
9	Середньодобова експлуатаційна, швидкість	$V_{\text{ср.}}$	милі/добу	296,9
10	Прибутковість судна	$\mu'_в$	\$ /добу	51728,1
11	Рівень прибутковості	PF		2,26
12	Собівартість перевезення 1 т вантажу	S_T	\$ /т	10,2
13	Собівартість 1 т-м	$S_{T-м}$	\$ /т-м	0,002
14	Собівартість утримання судна за добу експлуатації	$Sc-c$	\$ /діб.ек	22883,5

Для розуміння результатів економічного плану судноплавної компанії за маркетинговий рік, розглядають показники її менеджментської діяльності кожного судна. Щоб провести такий аналіз порівнюють планові і фактичні показники роботи балкера «FRANCESCO CORRADO». В даному розділі виконувались саме такі розрахунки, які показали позитивні результати, а саме:

- прибуток за рейс з 32 діб склав 51728,1\$ кожної доби, а в загальному - 922843,9\$;
- собівартість перевезення 1 т вантажу склала менше ніж в два рази фрахтову ставку, яка склала 23 \$/т при фактичній витраті в 10,2 \$/т;
- рівень прибутковості, який за умовою має бути більшим ніж 1 склав 2,26.

Отже, проаналізувавши навіть частину цих результатів, впевнено можливо стверджувати про рентабельність застосування балкера «FRANCESCO CORRADO» за маршрутом Річардс-Бей – Чжаныцзян.

РОЗДІЛ 7

ОХОРОННІ ЗАХОДИ І ЦИВІЛЬНА ОБОРОНА НА СУДНІ

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

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

Вантажне судно «BAL TIC WIND» стоїть на якорі в районі зовнішнього рейду порту Момбаса (Кенія). Отримано повідомлення про інцидент зі зрідженим газом. На території контейнерного терміналу стався вибух, що призвело до руйнування контейнера-цистерни зі зрідженим фосгеном і виникнення аварійної ситуації. Кількість розлитого фосгену, що є сильнодіючою отруйною речовиною (СДОР) - 5 т. Характер розливу - «вільно». На території порту оголошена терористична загроза [43].

Метеорологічні умови на момент аварії: час доби - день, 16.00, температура повітря 0°, швидкість вітру 5 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 судна.

Визначити стандартні робочі процедури по залишенню судна при отриманні повідомлення про загрозу терористичного акту.

7.1.2. Оцінка масштабів хімічного зараження території

Визначення ступеня вертикальної стійкості повітря

За заданим метеорологічним умовам (час доби - день, швидкість вітру 5 м/с, суцільна хмарність) за допомогою табл. 7.1 визначаємо: на момент

виникнення надзвичайної ситуації ступінь вертикальної стійкості повітря - ізотерія.

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
> 4,0	ізотермія	ізотермія	ізотермія	ізотермія	ізотермія	ізотермія

1) Розрахунок еквівалентної кількості СДОР у первинній хмарі

Кількісні характеристики викиду СДОР для розрахунку масштабів зараження визначаються по його еквівалентним значенням.

Розраховуємо еквівалентну кількість Q_{e1} (т) фосгену у первинній хмарі:

$$Q_{e1} = K_1 * K_3 * K_5 * K_7^1 * Q_0 \quad (7.1)$$

$$Q_{e1} = 0 \text{ т.}$$

де: $K_1 = 0,05$ – коефіцієнт, що залежить від умов зберігання фосгену (табл. 7.2);

$K_3 = 1,0$ – коефіцієнт, що дорівнює відношенню порогової токсодози хлору до порогової токсодози фосгену (табл. 7.2);

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

$K_7^1 = 0$ – коефіцієнт, що враховує вплив температури повітря на швидкість утворення первинної хмари (табл. 7.2);

$Q_0 = 5$ т – кількість фосгену, що розлився при аварії.

Таблиця 7.2 – Характеристики СДОР і значення допоміжних коефіцієнтів

Найменування СДОР	Щільність СДОР, т/м³		Температура кипіння, °C	Порогова токсодоза, мг*хв/л	Значення допоміжних коефіцієнтів							
	Газ	Рідина			K ₁	K ₂	K ₃	K ₇ для температури повітря (°C)				
								-40	-20	0	20	40
Фосген	0,0035	1,432	8,2	0,6	0,05	0,061	1,0	$\frac{0}{0,1}$	$\frac{0}{0,3}$	$\frac{0}{0,7}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{2,7}{1}$

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

Площа розливу S_p (м²) фосгену дорівнює:

$$S_p = \frac{V_p}{h} = \frac{Q_0/\rho}{h} \quad (7.2)$$

$$S_p = \frac{5/1,432}{0,05} = 69,83 \text{ м}^2$$

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

$Q_0 = 5$ т – кількість фосгену, що розлився при аварії;

$\rho = 1,432$ т/м³ – щільність фосгену (табл. 7.2);

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

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.) фосгену:

$$T = \frac{h * \rho}{K_2 * K_4 * K_7^{II}} + \frac{1}{K_M * v_{II}} \quad (7.3)$$

$$T = \frac{0,05 * 1,432}{0,061 * 2,34 * 0,7} + \frac{1}{1 * 29} = 0,75 \text{ год.} = 45 \text{ хв.}$$

де: $K_2 = 0,061$ – коефіцієнт, що залежить від фізико-хімічних властивостей фосгену (табл. 7.2); $K_4 = 2,34$ – коефіцієнт, що враховує швидкість вітру (табл. 7.3); $K_7^{II} = 0,7$ – коефіцієнт, що враховує вплив температури навколишнього повітря на швидкість утворення вторинної хмари (табл. 7.2); $K_M = 1$ – коефіцієнт, що враховує вплив місцевості на швидкість поширення хмари фосгену (табл. 7.4); $v_{II} = 29$ км/год – швидкість перенесення переднього фронту хмари зараженого повітря (табл. 7.5).

Таблиця 7.3 – Значення коефіцієнту K_4 залежно від швидкості вітру

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

Таблиця 7.4 – Значення коефіцієнту K_M залежно від впливу характеру місцевості

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

Швидкість (км/год.) перенесення v_{II} переднього фронту хмари зараженого по-вітря залежно від швидкості вітру приведено в табл. 7.5.

Таблиця 7.5 – Швидкість (км/год.) перенесення v_{II} переднього фронту хмари зараженого по-вітря 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 фосгену Q_{e2} (т) у вторинній хмарі:

$$Q_{e2} = (1 - K_1) * K_2 * K_3 * K_4 * K_5 * K_6 * K_7^{II} * \frac{Q_0}{h * \rho} \quad (7.4)$$

$$Q_{e2} = (1 - 0,05) * 0,061 * 1,0 * 2,34 * 0,23 * 1 * 0,7 * \frac{5}{0,05 * 1,432} = 1,52 \text{ т}$$

де: $K_1 = 0,05$ – коефіцієнт, що залежить від умов зберігання СДОР (табл. 7.2);

$K_3 = 1,0$ – коефіцієнт, що дорівнює відношенню порогової токсодози хлору до порогової токсодози фосгену (табл. 7.2);

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

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

4) Визначення глибини і площі зони зараження

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

Таблиця 7.6 – Глибина (км) зони зараження

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

Так як первинна хмара відсутня, то для $Q_{e1} = 0,0$ т та швидкості вітру $u = 5$ м/с глибина зони зараження буде дорівнювати: $\Gamma_1 = 0,0$ км.

Для $Q_{e2} = 1,52$ т та швидкості вітру $u = 5$ м/с визначаємо глибину зони зараження вторинною хмарою фосгену: $\Gamma_2 = 2$ км.

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

$$\Gamma_{\Sigma} = \Gamma' + 0,5 * \Gamma'' \quad (7.5)$$

$$\Gamma_{\Sigma} = 2,0 + 0,5 * 0,0 = 2,0 \text{ км}$$

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

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

$$\Gamma_{\Pi} = N * v_{II} \quad (7.6)$$

$$\Gamma_{\Pi} = 1 * 29 = 29 \text{ км}$$

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

$$\Gamma = \min \left\{ \begin{matrix} \Gamma_{\Sigma} \\ \Gamma_{\Pi} \end{matrix} \right\} = 2,0 \text{ км}$$

Визначаємо площу зони можливого зараження S_B (км²) хмарию фосгену:

$$S_B = \pi * \Gamma^2 * \varphi / 360^\circ \quad (7.7)$$

$$S_B = 3,14 * 2^2 * 45^\circ / 360^\circ = 1,57 \text{ км}^2$$

де: $\Gamma = 2$ км – розрахункова глибина зони зараження; $\varphi = 45^\circ$ – кутовий розмір зони зараження (табл. 7.7).

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

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

Визначаємо площу зони фактичного зараження S_ϕ (км²):

$$S_\phi = K_8 * \Gamma^2 * N^{0,2} \quad (7.8)$$

$$S_\phi = 0,133 * 2^2 * 1^{0,2} = 0,53 \text{ км}^2$$

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

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 $\Gamma = 2$ км. Центр сектора співпадає з джерелом зараження – місцем розливу фосгену. Бісектриса сектора співпадає з віссю сліду хмари та орієнтована по напрямку вітру.

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

Розраховуємо глибину зони смертельних уражень Γ_l (км):

$$\Gamma_l = \lambda * K_M * \left(\frac{Q_e}{D_l}\right)^\psi \quad (7.9)$$

$$\Gamma_l = 1,34 * 1 * \left(\frac{1,52}{6}\right)^{0,542} = 0,64 \text{ км}$$

де: $\lambda = 1,34$; $\psi = 0,542$ – коефіцієнти, що залежать від швидкості вітру (табл. 7.8); $Q_e = Q_{e1} + Q_{e2} = 0,0 + 1,52 = 1,52$ т – загальна еквівалентна кількість СДОР, що перейшла в первинну і вторинну хмару; $D_l = 6$ мг.хв/л – летальна токсодоза для фосгену.

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

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

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

$$\Gamma_{0,4l} = \lambda * K_M * \left(\frac{Q_e}{D_{0,4l}}\right)^\psi \quad (7.9)$$

$$\Gamma_{0,4l} = 1,34 * 1 * \left(\frac{1,52}{2,4}\right)^{0,542} = 1,05 \text{ км}$$

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

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

$$\Gamma_{0,2t} = \lambda * K_M * \left(\frac{Q_e}{D_{0,2t}} \right)^\psi \quad (7.10)$$

$$\Gamma_{0,2t} = 1,34 * 1 * \left(\frac{1,52}{1,2} \right)^{0,542} = 1,52 \text{ км}$$

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

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

Будуємо сектор зон хімічного зараження (рис. 7.1).

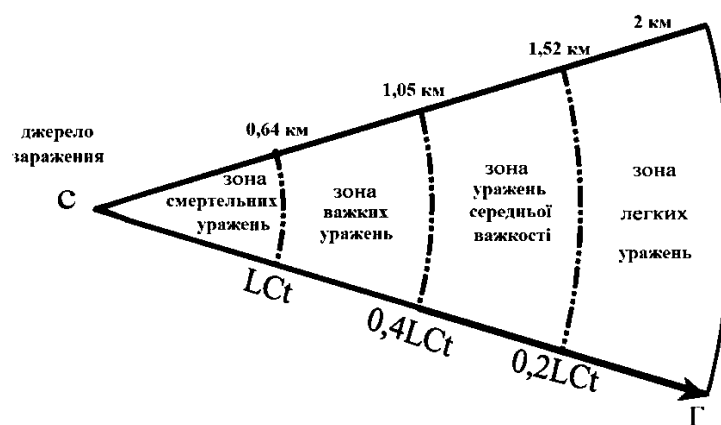


Рисунок 7.1 – Зони хімічного зараження

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

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

$$t = \frac{x}{K_M * v_{II}} \quad (7.11)$$

$$t = \frac{4}{1 * 29} = 0,14 \text{ год.} \approx 8,4 \text{ хв.}$$

де: $x = 4$ км – відстань від джерела зараження до заданого об'єкту.

7.1.3. Висновки і рекомендовані заходи для зменшення людських втрат

Проведена оцінка масштабів хімічного зараження території в результаті аварійного розливу фосгену на території контейнерного терміналу порту Момбаса (Кенія) показала, що хмара зараженого повітря досягне межі житлової надбудови судна, де укритися екіпаж, через 8,4 хв. В результаті утворення зони хімічного зараженого приміщення надбудови судна, де знаходиться екіпаж судна, потрапляють в зону важких уражень, що у свою чергу є серйозною загрозою для життя моряків. Це значною мірою ускладнює можливість проведення ефективних заходів по ліквідації наслідків розливу фосгену [44].

При досить швидкому підході зараженого повітря до житлової надбудови дія вражаючих концентрацій хмари може тривати майже 45 хвилин. Середня сила вітру (5 м/с) забезпечує збереження вражаючих концентрацій на глибині до 2 км.

Для зменшення людських втрат пропонується виконати наступні заходи:

- якнайскоріше прибрати усіх людей з палуби всередину надбудови судна;
- по можливості максимально герметизувати усі приміщення в надбудові судна, в яких укритися екіпаж;
- використати наявні на судні дихальні апарати, при цьому забезпечити контроль часу знаходження людей в апаратах (захисна дія дихальних апаратів обмежена часом у 30 хв.);
- по можливості розгорнути судно за вітром, щоб хмара зараженого повітря рухалася в бік від надбудови судна;

- встановити контроль концентрації СДОР на відкритому повітрі і в повітрі приміщень судна;
- підготувати екіпаж до можливої евакуації.

7.2. Стандартні робочі процедури по залишенню судна при отриманні повідомлення про загрозу терористичного акту

При отриманні повідомлення про загрозу терористичного акту капітаном може бути прийнято рішення про залишення судна.

Залежно від місцезнаходження судна його залишення може проводитися або безпосередньо на причал, або на інший плавзасіб, або з використанням суднових колективних засобів рятування.

Капітан повноважний приймати будь-які рішення, спрямовані на порятунок судна, пасажирів і екіпажу, збереження вантажу, запобігання забрудненню навколишнього середовища. Нижче наведено рекомендований порядок дій суднового екіпажу при необхідності залишення судна в морі [44]:

- оголосити шлюпкову тривогу;
- передати повідомлення Компанії і звернутися за допомогою до суден і берегових станцій відповідно до «Плану дій в аварійних ситуаціях»;
- діяти відповідно до процедури зв'язку ГМЗЛБ; підготувати до спуску рятувальні засоби з урахуванням реальних можливостей спуску;
- провести додаткове постачання рятувальних засобів ковдрами, ліками, одягом, піротехнікою, переносними УКВ радіостанціями;
- перевірити наявність всіх людей на судні і організувати пошук зниклих;
- захопити карти, судновий, машинний і радіожурнали, по можливості – документи і цінності;
- діяти відповідно до Розкладу по тривогам і Керівництвом по залишенню судна;
- визначити які механізми слід залишити у роботі після залишення судна.

Надати допомогу прийнятим з води і нужденним, підтримувати зв'язок

між шлюпками за допомогою переносної радіостанції, відійти від борта судна.

ВИСНОВКИ

В дослідженні магістерської роботи представлено можливості імплементації ПВ-модулів та вітрових турбін на борту торгового або логістичного судна. Загальні витрати на закупівлю, встановлення та технагляд за системою за період 25 років були проаналізовані, а також враховані передбачувані виробництва електроенергії.

Маємо наступний висновок – економія та ефективність від встановлення систем джерел поновлюваної енергії є беззаперечною, так як ціна енергії, що отримується від ПВ-модулів, дорівнює більше, ніж половині ціни енергії, яка виробляється за допомогою дизель-електричних генераторів. На додаток до цього, значною перевагою тут виступає витримка та міцність електричної системи живлення судна, особливо у випадку втрати живлення базового джерела енергії.

Симуляція, що була проведена з використанням Simulink/MATLAB довела, що така електрична мережа є стабільною. Так як обидва джерела енергії в обох прикладах потребують схожий рівень потужності та є еквівалентно неперіодичними, не було необхідним проводити дві окремі симуляції.

Дослідження джерел сонячної та вітрової енергії для встановлення їх на судні показує, що сонячні панелі підходять для встановлення та забезпечення енергоефективності судна разом із зменшенням викидів парникових газів до атмосфери, що задовольняє міжнародні вимоги.

Більше з тим, для зони дослідження (Адріатичне море) було показано, що кількість сгенерованої сонячної та вітрової енергії не залежить від позиції судна, що було доведено аналізом кореляцій та АНОВА-тестом. Також, вітрові турбіни можуть використовуватись на судах, але на певних типах суден використовувати їх неможливо через їх значний вплив на остійність та безпеку судна.

Обмеження проведеного дослідження полягає у тому, що джерела енергії вітрової та сонячної не були проаналізовані як інтегрована система, яка приймає

одночасно всі параметри для повного аналізу стану судна. Інше обмеження – це відсутність врахування можливих інтересів фрахтувальників та стейкхолдерів стосовно безпеки та швидкості рейсів. Із розвитком технологій поновлюваної енергії, основним викликом стане безпека пристосування. Це особливо помітно в технологіях літєвих батарей та їх небезпек самозаймання. Тому, потрібне додаткове дослідження та встановлення напрямків розвитку.

Тим не менш, запропонована модель є корисним інструментом, який легко можна накладати на інші типи суден та джерел поновлюваної енергії для подальшого аналізу.

Окрім описаного дослідження в роботі проведені розрахунки та підготовка до рейсу балкера «Francesco Corrado» за маршрутом Річардс-Бей – Чжаньцзян. Навігаційний перехід пророблено за усіма діючими вимогами.

Складений вантажний план і розрахунки остійності враховують специфіку роботи офшорного судна і район плавання, остійність виконана за вимоги ІМО, поздовжня міцність судна вважається забезпеченою з великим запасом, отриманий диферент та кут крену на рейс є оптимальними для безпечної навігації та швидкого виконання рейсу.

За результатами економічних підрахунків можна побачити, що рейс є прибутковим.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ворохобін І.І., Цимбал М.М., Бурмака І.О., Ніколаєва Л.Л та інші. Методичні вказівки для виконання магістерської роботи // І.І. Ворохобін, М.М., М.М. Цимбал, І.О. Бурмака, Л.Л. Ніколаєва та ін. – Одеса: НУ «ОМА», 2023. – 96 с.
2. Суднова документація балкера «Francesco Corrado».
3. Міжнародна конвенція по охороні людського життя на морі (SOLAS-74). Лондон: – ІМО, 2008.
4. International Convention on Standards of Training, Certification and Watch keeping for Seafarers, 1978/95 (STCW-78/95) + Amendment 2010.
5. Резолюція ІМО А.893(21) - 1999 «Посібник із планування рейсу».
6. Рекомендации по организации штурманской службы на морских судах Украины (РШСУ-98) – Одесса, ЮжНИИМФ, 1998. – 112 с.
7. Алексішин В.Г., Долгочуб В.Т. Практичне судноводіння / В.Г. Алексішин, В.Т. Долгочуб. – 3 Вид. випр. і доп. – Одеса: Фенікс, 2008. – 376 с.
8. Алексішин В.Г., Козир Л.А. Методика виконання курсової роботи з навігації «Навігаційне планування переходу». – Одеса: Латстар, 2001. – 72 с.
9. Catalogue Admiralty Charts and Publications. – London: UKHO, 2019.
10. Admiralty List of Radio Signals (ALRS) (NPs 281-288). – London: UKHO, 2020.
11. International Safety Net Manual, 2010. – 72 с.
12. Pilot Chart, інтернет ресурс гідрометеорологічних умов. URL: [Sailing Weather - Marine Weather Forecasts for Sailors and Adventurers - PassageWeather](#)
13. Sailing Directions (Pilots). – London: UKHO, 2020
14. Atlas of the Oceans. – London: UKHO, 2011
15. Guide to Port Entry. – London, 2020.
16. Admiralty List of Lights and Fog Signals. – London: International Maritime Organization, 2019.

17. Морехідні таблиці МТ-75.
18. Brown's Nautical Almanac. – London: 2019. – 1130 p.
19. Admiralty Tidal Handbook №. 2 Datums for Hydrographic Surveys NP 122(2). – London: UKHO, 2018.
20. Снопков В.Г. Технологія перевезення вантажів морем: [навчальний посібник] / В.Г. Снопков. – О., 2001. – 279 с.
21. Транспортні характеристики вантажів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.midships.ru/Handbook/characteristics/copra.html>
22. Савчук В.Д. Технологія перевезення вантажів: підручник [для студ. виш. навч. закл.], вид. 2-ге, перероб. і доп. / В.Д. Савчук. – Одеса: НУ «ОМА», 2020. – 390 с.
23. Thomas Stowage: The Properties and Stowage of Cargoes [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.axelzone.ro/storage/ttm/_lessons/bulk_carriers/thomas_stowage_3rd.pdf.
24. Code of Safe Practice for Cargo Stowage and Securing (CSS Code). - London: International Maritime Organization, 2011.
25. Ніколаєва Л.Л. Комерційна експлуатація судна: підручник. Одеса: НУ «ОМА», 2020. – 550 с.
26. The International Convention on Load Lines 1966 - International Maritime Organization. Лондон: Міжнародна морська організація, 1966 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: www.riigiteataja.ee.
27. Теорія і будова судна: навчальний посібник / І.П. Давидов, Ю.П. Кучер, В.Ф. Сіряченко, О.І. Бурмака – Одеса: НУ «ОМА», 2019. – 110 с.
28. Резолюція MSC. 267 (85) 09.12.2008. «Code on Intact Stability for All Types of Ships Covered by IMO Instruments» (ISC).
29. European Commission Brussels. Annual Report on CO2 Emissions from Maritime Transport 2020. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://ec.europa.eu/clima/news-your-voice/news/commission-publishes-first-annual-eu-report-co2-emissions-maritimetransport-2020-05-25_en

30. Міжнародна конвенція по запобіганню забруднення з суден (МАРПОЛ-73/78). Лондон: – ІМО, 2004.

31. Bureau veritas. Understanding New IMO Decarbonization Measures: EEXI and CII. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.bvsolutions-m-o.com/magazine/understanding-new-imo-decarbonization-measures-eexi-and-cii>

32. Arief, I.S.; Fathalah, A.Z.M. Review of Alternative Energy Resource for the Future Ship Power. In Proceedings of the 6th International Conference on Marine Technology (SENTA 2021), Surabaya, Indonesia, 27 November 2021; IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing Ltd.: Bristol, UK, 2022.

33. Bassam, A.M.; Phillips, A.B.; Turnock, S.R.; Wilson, P.A. Development of a multi-scheme energy management strategy for a hybrid fuel cell driven passenger ship. Int. J. Hydrogen Energy 2017, 42, 623-635.

34. Chua, L.; Tjahjowidodo, T.; Seet, G.; Chan, R. Implementation of Optimization-Based Power Management for All-Electric Hybrid Vessels. IEEE Access 2018, 6, 74339–74354.

35. Nature power 200 W crystalline solar charging kit. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://naturepowerproducts.com/products/200-watt-solar-panel-with-13-amp-charge-controller>.

36. Trojan Batteries Winners-Amongst the Best when Tested! [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.batteriesontheweb.co.uk/trojan-batteries-winners/>

37. Anemoi-About Rotor Sails. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://anemoimarine.com/rotor-sail-technology/>

38. Beatz, A. Das maximum der theoretisch moglichen ausnutzung des windesdurchwindmotoren. Z. Fur Das Gesamte Turbinenwesen 1920, 26, 307-309.

39. Berckmans, G.; Messagie, M.; Smekens, J.; Omar, N.; Vanhaverbeke, L.; Van Mierlo, J. Cost Projection of State of the Art Lithium-Ion Batteries for Electric Vehicles Up to 2030. Energies 2017, 10, 1314.

40. Platzer, M.F.; Sarigul-Klijn, N. Wind-Propelled Ship Technology. In The Green Energy Ship Concept; Springer: Cham, Switzerland, 2021; pp. 81-87.

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

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

43. Торский В.Г. Управление безопасностью в судоходстве. – Одесса: Астропринт, 2005. – 180 с.