

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

Навчально-науковий інститут навігації

Кафедра Управління судном

ДИПЛОМНА РОБОТА МАГІСТРАНТА

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

Мензатул Лев Олександрович

(прізвище, ім'я по-батькові)

Тема роботи *Комплексне опрацювання та дослідження етапів переходу судна
«MSC Pegasus» за маршрутом Лісабон-Олександрія*

Підпис магістранта Мензатул Л.О.

Завідувач кафедри _____

Керівник ШЕМОНАЄВ В.Ю.

Рецензент _____

Нормоконтроль _____

м. Одеса
2025 рік

Магістерська робота містить 125 с., 32 рис., 55 таб., 41 використаних джерел.

Також в даній дипломній роботі виконано комплексне опрацювання та дослідження етапів переходу судна «MSC Pegasus» з порту Лісабон (порт навантаження) до порту Олександрія (порт вивантаження). Відстань між портами 2151,81 милі.

Магістерська робота присвячена можливості по підвищенню паливної ефективності шляхом модернізації обводів носової частини існуючих суден.

У розділі розглянуто комплексні підходи до підвищення паливної ефективності сучасних вантажних суден шляхом оптимізації посадки та модернізації обводів носової частини. Проведено аналіз розвитку концепції Slow Steaming, досліджено вплив диференту на опір руху та пропульсивні характеристики судна, узагальнено сучасні методи чисельної гідродинаміки. На прикладі т/х «MSC Pegasus» оцінено ефективність встановлення нового носового бульба та впровадження системи динамічного диферентування. Результати показують суттєве зниження витрат палива та підтверджують доцільність інтеграції проаналізованих підходів у практику експлуатації.

Виконано економічне обґрунтування рейсу та аналіз кількісних і якісних його показників.

Представлені деякі аспекти з охорони праці, охоронні заходи та цивільної оборони на судні.

The master's thesis contains 125 pages, 32 figures, 55 tables, 41 used sources.

Also in this thesis, a comprehensive study and study of the stages of transition of the vessel "MSC Pegasus" from the port of Lisbon (port of loading) to the port of Alexandria (port of unloading). The distance between the ports is 2151.81 miles.

The master's thesis is devoted to the possibility of improving fuel efficiency by modernizing the contours of the bow of existing ships.

The chapter examines integrated approaches to improving the fuel efficiency of modern cargo vessels by optimizing trim and modernizing the bow hull form. The development of the slow steaming strategy is reviewed, along with the influence of trim on resistance and propulsion. State-of-the-art computational hydrodynamics methods are summarized. Using the example of m/v "MSC Pegasus", the effectiveness of a redesigned bulbous bow and a dynamic trim optimization system is assessed. The results demonstrate a significant reduction in fuel consumption and confirm the feasibility of applying these methods in practical ship operation.

The economic substantiation of the flight and the analysis of its quantitative and qualitative indicators are executed.

Some aspects of labor protection, security measures and civil defense on the ship are presented.

ЗМІСТ

Вступ.....	7
РОЗДІЛ 1 ХАРАКТЕРИСТИКИ СУДНА	8
1.1 Загальні відомості і головні розміри судна	8
1.2 Транспортно-експлуатаційні характеристики	9
1.3 Маневрені характеристики.....	10
1.4 Навігаційне обладнання.....	13
РОЗДІЛ 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	23
2.2.2 Збір та аналіз гідрометеорологічної інформації	25
2.2.3 Збір та аналіз навігаційної інформації при прибережному плаванні	27
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.....	35
2.3.4 Розрахунок природної освітленості	35
2.3.5 Розрахунок висот приливів та побудова графіків приливів	39
2.4 Висновки	40
РОЗДІЛ 3 ОБРОБКА І РОЗМІЩЕННЯ ВАНТАЖУ	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.....	49
3.4 Складання вантажного плану.....	52
3.5 Характеристика експлуатаційних умов рейсу	53

РОЗДІЛ 4 ОЦІНКА МОРЕХІДНИХ ЯКОСТЕЙ СУДНА.....	55
4.1 Розрахунок водотоннажності й координат центра ваги судна.....	55
4.2. Розрахунки посадки і початкової остійності.....	60
4.3 Контроль остійності за матеріалами Інформації	64
4.4 Розрахунок і побудова діаграм остійності.....	64
4.5 Розрахунки нормованих параметрів остійності.....	66
4.6 Перевірка виконання рекомендованих ІМО критеріїв остійності	71
4.7 Перевірка загальної подовжньої міцності корпусу	71
РОЗДІЛ 5 ІНТЕГРОВАНІ МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ПАЛИВНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ СУДЕН: ОПТИМІЗАЦІЯ ПОСАДКИ ТА МОДЕРНІЗАЦІЯ ОБВОДІВ НОСОВОЇ ЧАСТИНИ.....	74
5.1 Огляд проблеми.....	74
5.2 Аналіз сучасного стану дослідження проблеми	85
5.3 Дослідження результатів впровадження модернізації обводів носової частини та оптимізації посадки на т/х «MSC Pegasus»	90
РОЗДІЛ 6 РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ СУДНА В РЕЙСІ.....	103
6.1 Розрахунок кількісних та якісних показників роботи судна в рейсі	103
6.2 Прогнозування роботи судна, оцінка ефективності рейсу	110
РОЗДІЛ 7 ОХОРОННІ ЗАХОДИ І ЦИВІЛЬНА ОБОРОНА НА СУДНІ	113
7.1. Прогнозування наслідків надзвичайної ситуації на об'єкті морського транспорту.....	113
Висновок	121
Список використаних джерел	122

ВСТУП

Аналіз можливостей по підвищенню паливної ефективності суден шляхом оптимізації їхньої експлуатаційної посадки та модернізації обводів носової частини показав, що ці методи є досить актуальними та достатньо широко розповсюджені, особливо після появи концепції «Slow steaming».

Підвищення енергоефективності та зниження витрат пального є ключовими завданнями сучасного судноплавства в умовах жорсткішання міжнародних екологічних стандартів та зростання вартості енергоресурсів. Серед найбільш результативних заходів виділяють оптимізацію експлуатаційної посадки судна та модернізацію обводів корпусу, зокрема носової частини. Впровадження концепції slow steaming спричинило потребу адаптації пропульсивних комплексів до нових експлуатаційних швидкостей.

«Slow steaming» – це стратегія всебічного зниження витрат пального на судах. Найперший застосований принцип полягає у експлуатації суден лише при половині номінальної потужності машинної установки.

В основі корисного ефекту лежить той факт, що відповідні судна експлуатуються зі зниженими швидкостями, на які вони не були спроектовані. Тому обрані при проектуванні обводи стають не повністю оптимальними. Корисний ефект від оптимізації посадки (точніше, диференту) може у якійсь мірі досягатися і при повністю оптимальних обводах при часткових навантаженнях. Причина полягає у тому, що проектним режимом для пропульсивного комплексу є, як правило, тільки режим з повним навантаженням.

Метою даного розділу є дослідження теоретичних засад та практичних результатів застосування оптимізації посадки і модернізації носового бульба для зниження опору руху та витрат палива. Особливу увагу приділено аналізу сучасних методів гідродинамічних розрахунків та узагальненню результатів модернізації на прикладі контейнеровоза «MSC Pegasus».

РАЗДЕЛ 1

ХАРАКТЕРИСТИКИ СУДНА

1.1 Загальні відомості і головні розміри судна

Таблиця 1.1 – Основні відомості про судно

1.	Назва судна	MSC Pegasus
2.	Тип судна	Container ship
3.	Позивний сигнал судна	D5HF9
4.	ІМО	9267637
5.	MMSI	636016673
6.	Рік і місце побудови	2003 KOYO DOCKYARD CO. LTD. — MIXARA, ЯПОНІЯ
7.	Клас Регістру	NIPPON KAIJI KYOKAI (NKK)
8.	Порт приписки	ГАМБУРГ
9.	Судновласник	SHOEI KISEN - IMABARI, ЯПОНІЯ
10.	Менеджмент	NYK SHIPMANAGEMENT - СІНГАПУР
11.	Довжина найбільша L (м)	299.0
12.	Довжина між перпендикулярами 	285.0
13.	Ширина найбільша B (м)	40
14.	Висота борту до верхньої палуби H (м)	24.20
15.	Найбільша осідання T (м)	14,02
16.	Осадка T (м) в повному вантажу и порожньому	14,042 5,09
17.	Водотоннажність (т) в повному вантажу Δ порожньому Δ_0	107751 27400
18.	Повна вантажопідйомність Δ_w (т)	80351
19.	Головний двигун: тип: потужність: частота обертання:	DU - SULZER 11RTA 96C x 1 SET MCR: 60,390 KW $\times$ 100.0 rpm NOR: 51,330 KW $\times$ 94.7 rpm
20.	Режим роботи головного двигуна	Full Ahead/Astern 41 Half Ahead/Astern 34

		Slow Ahead/Astern 28 Dead Slow Ahead/Astern 21
21.	Швидкість судна	22/24
22.	Гребний гвинт: Кількість лопастей: Діаметр та крок гвинта (м) Дискове відношення: Напрямок обертання:	6 лопатей 8900, 9060 / 0,7 96,6 об/хв Правий
23.	Тип руля і площа його пера (м ²)	Streamline, semi-balanced hanging, 62,282 м ²
24.	Тип стернової машини: Підрулюючий пристрій:	Электрогидравлическая 4 ram- 4cylinders
25.	Суднова радіостанція: Склад суднової радіоапаратури відповідає вимогам району A1, A2, A3, A4 та включає в себе:	GMDSS CONSOLE FURUNO Model: RC-1800 F
26.	Валова реєстрова місткість (GRT)	75590
27.	Чиста реєстрова місткість (NRT)	42233
28.	Добова витрата палива: На ходу: важке паливо (HFO) На стоянці: дизельне паливо (DO)	130 12
29.	Координати центру мас порожнього судна	Z = 15.57 X = 19.37

1.2 Транспортно-експлуатаційні характеристики

Схематичне креслення бокового виду судна з розташуванням приміщень для вантажів і запасів із зазначенням місткості вантажних приміщень наведено на рис. 1.1.

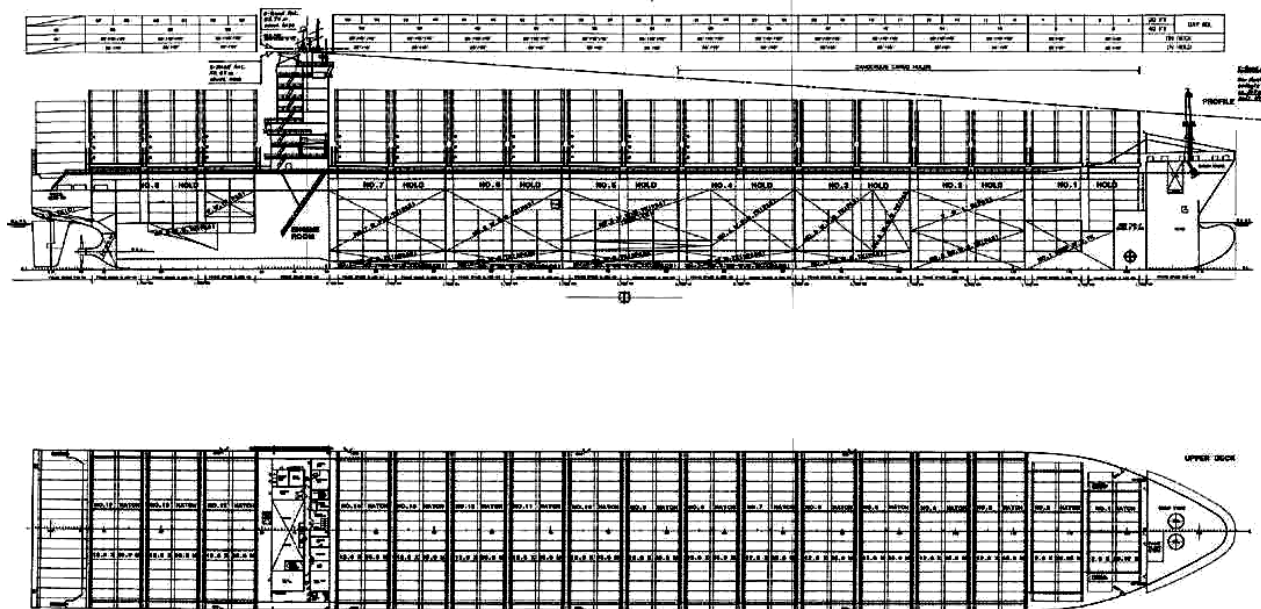


Рисунок 1.1 - Схематичне креслення бокового виду і верхньої палуби судна

На рис. 1.2 представлена схема розташування суднових цистерн.

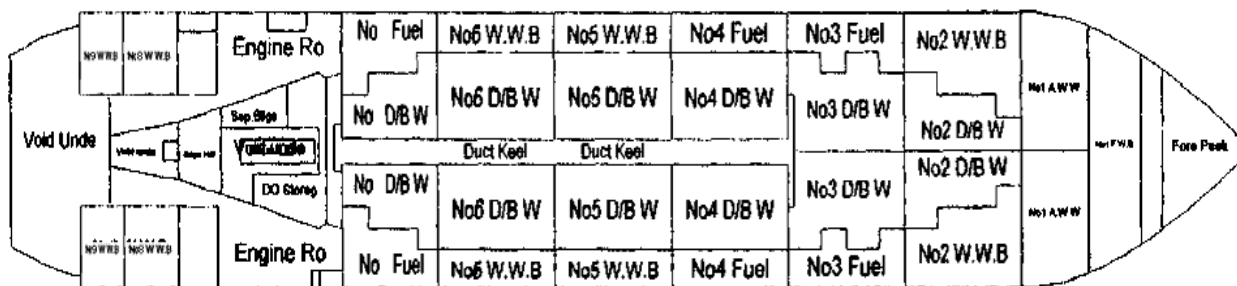


Рисунок 1.2 - Схема розташування цистерн

Вантажна шкала наведена на рис.1.3.

1.3 Маневрені характеристики

1. Якірний пристрій:

- якірний механізм - брашпиль BROENL (2шт.).

- тип - електрогідравлічний, відкритого типу, з турачкою, барабаном для троса і загальним валом;
- тягове зусилля на турачках - 48 т;
- швидкість вибирання якоря 9м / хв кожна;
- якір - безштоковий якір з поворотними лапами (Холла);
- спосіб виготовлення - лиття;
- довжина якірного ланцюга: лівий борт - 330 м (12 змичок);
 - правий борт - 330 м (12 змичок);
 - якірний стопор - гвинтовий тип (2шт.), Стрічковий (2шт.)

2. Рульовий пристрій:

- рульова машина - HYUNDAI CONVERTER PUMP FE-21-560;
- тип рульової машини - електрогідравлічна, 4-х циліндрова;
- максимальний момент на балері - 1250 кНм;
- максимальний кут перекладки - 35 °;
- швидкість перекладки (1 насосом) - 65/28 сек,
- привід основний - електричний;
- привід аварійний - гідравлічний
- кермо - полубалансірне, обтічне.
- Підрулюючий пристрій: потужність - 1300 кВт.
- Авторульовий - ТОСМЕС PR-+6384-DW-SS2.

Маневрені характеристики визначають після побудови або в процесі експлуатації судна.

Інформація щодо маневрених характеристик повинна представлятися у вигляді:

- лоцманській картки;
- таблиці маневрених характеристик (для ходової рубки);
- формуляра маневрених характеристик.

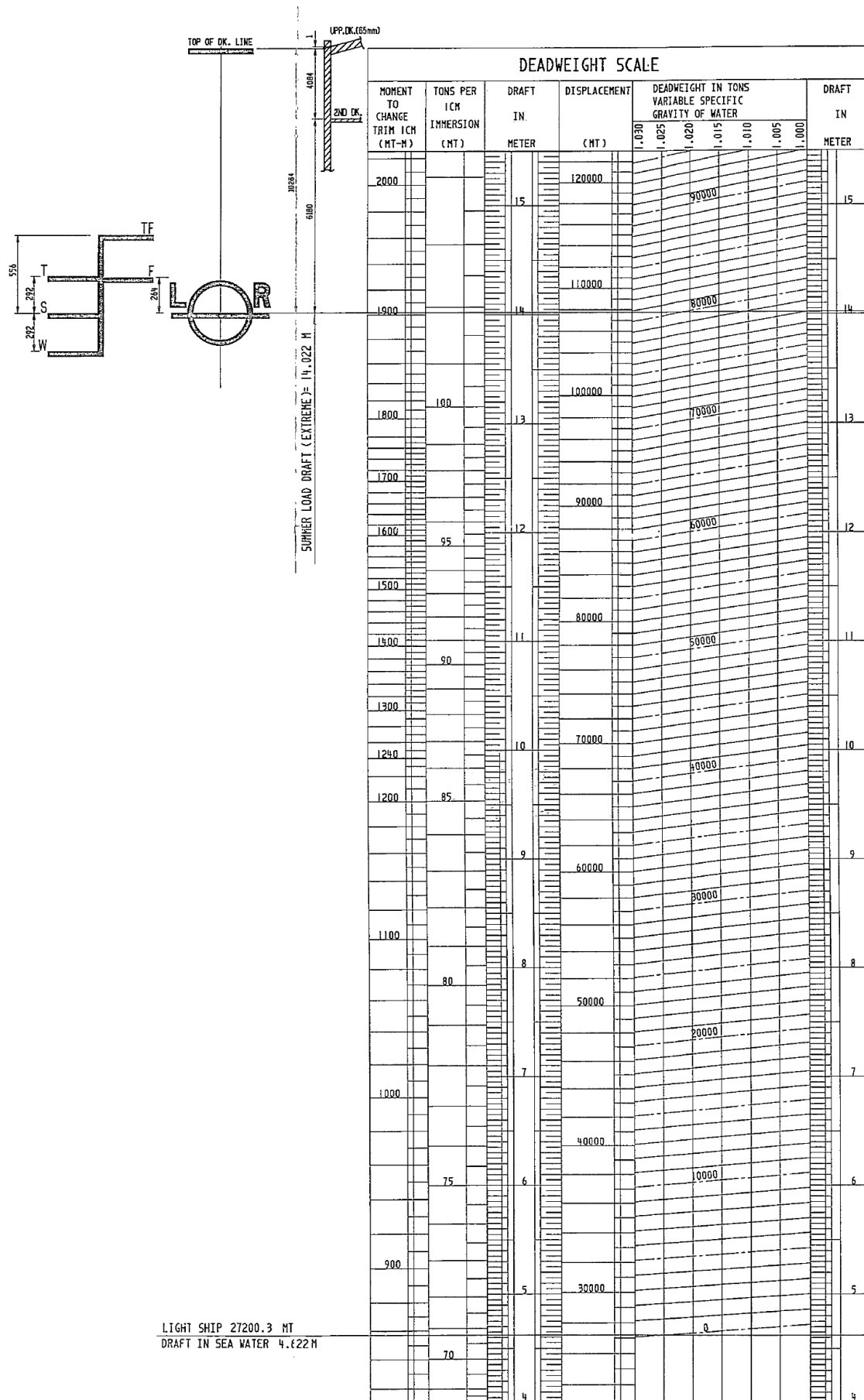


Рисунок 1.3 – Вантажна шкала

Лоцманська картка (рис. 1.4) заповнюється капітаном і призначена для того, щоб забезпечити інформацією лоцмана, який приймає судно під проводку. Лоцманська картка повинна дати уявлення про завантаження судна, стан СЕУ і рушіїв, рульового і підрулюючих пристроїв та іншого відповідного обладнання. Для заповнення лоцманської картки проведення спеціальних ходових випробувань не потрібно.

Дані про маневрені характеристики, дані по якірного ланцюга, по роботі рульового пристрою, збільшення опади, дані про діаметр повороту і т.д. представлені на рис. 1.5 "Wheelhouse poster".

1.4 Навігаційне обладнання

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

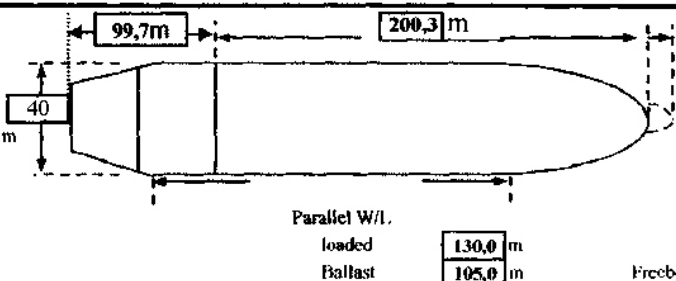
Точнісні характеристики наявних на судні ТЗН представлені в таблиці 1.6.

Таблиця 1.5. - Технічні засоби навігації судна

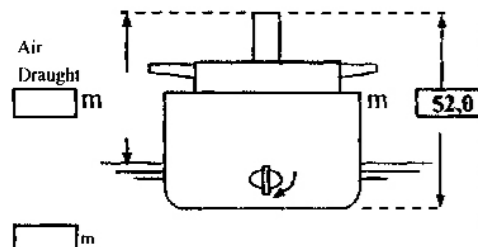
Прилад, система	Тип, марка	К-ть
Магнітний компас	W.ludolf GFK-BII (1050N-N)	1
Гірокомпас	C.Plath, Navigat x mk2	1
Радіолокатор / ЗАРП	FURUNO FAR 2825-3A	1
Радіолокатор / ЗАРП	FURUNO FAR 2835S-7AF	1
Ехолот	DEBEG 4630	1
Лаг	DEBEG 4675	1
Супутникові системи визначення місця	GPS FURUNO GP 80	2
Авторульовий	NAVIPILOT 4000	1
АІС	SAM Electronics uais DEBEG 3400	1
НАВТЕКС	FURUNO NX-600	1
Приймач факсимільних карт погоди	FURUNO FAX 215	1

PILOT CARD

SHIP'S PARTICULARS:				PORT:		in/out	
Name:	MSC PEGASUS		Flag:	Liberia		Call sign:	DSHF9
Displacement:			tonnes	Deadweight:	85823	tonnes	year built:
Length OA	300	(m)	Breadth	40		Bulbous bow	yes
Draught fwd		(m)	Draught aft		(m)	Draught amidships	
Port anchor	12	(shackles)	Stbd anchor	12	(shackles); (1 shackles = 27,5m)		



Parallel W/L.
loaded 130,0 m
Ballast 105,0 m



Air Draught m
52,0 m
Freeboard m

ENGINE:			
Type:	DIESEL	Maximum power	57866 kW 67500 (HP)
	rpm / pitch	loaded speed	ballast speed
full ahead	65	16,6 kts	17,4 kts
half ahead	45	10,7 kts	11,9 kts
slow ahead	35	6,8 kts	8,3 kts
Dead slow ahead	27	3,8 kts	5,3 kts
Dead slow astern	27		
slow astern	35		
half astern	45		
full astern	65	70 (% of full ahead power)	
		Time limit astern	No limits (min)
		Time full ahead to full astern	457 (sec)

STEERING:			
Rudders:	1 (number)	SEMIBALANCED (type)	35 maximum angle
Time hard-over to hard-over	28 sec	Rudder angle for neutral effect	0 °
Propellers	1 (number)	Direction of turn	RIGHT
Thrusters	1 (number)	Bow power	1300/1743 (kW/HP)
		Stern power	
Steering peculiarities.			

EQUIPMENT CHECKED & READY FOR USE:			
Anchors	☐	Cleared away	☐
X-Band radar	☐	ARPA	☐
S-Band radar	☐	ARPA	☐
Speed log	☐	Water/G round	single axis / dual axis
Echo sounder	☐	Engine telegraphs	☐
Electronic position - fixing	☐	Type	GPS
Compass system	☐	Gyro compass error	0 °
Steering gear	☐	Number of power units in use	
Rudder/RPM/ROT indicators	☐	Mooring winches and lines	☐

EQUIPMENT DEFECTS RELEVANT TO SAFE NAVIGATION & OTHER IMPORTANT DETAILS:			

Master's Name:		Pilot's Name:		Date:	
----------------	--	---------------	--	-------	--

Рисунок 1.4 - Лоцманська картка

S. n.

WHEELHOUSE POSTER

according to IMO Res. A. 601 (15)

S. n. MSC PEGASUS

Hull no. D5HF9

Built by

SHIP'S PARTICULARS

Gross tonnage	73690
Net tonnage	46376
Displacement, maximum	61668
Draught, maximum	45190
Block coefficient at maximum full load draught	0.657

Performance may differ from this record due to environmental, hull and loading conditions.

DRAUGHTS AT WHICH THE

MANOEUVRING DATA WERE OBTAINED

	Loaded	Ballast
	True/Estimated	True/Estimated
0.0	12.62	1.94
	12.62	0.62

STEERING PARTICULARS

Type of rudder(s)	SEMI-BALANCED
Maximum rudder angle	35°
Time hard-over to hard-over with one power unit	28.21 s
Time hard-over to hard-over with two power units	16.21 s
Maximum speed to maintain course, propeller stopped	~2.8 kts
Rudder angle for neutral effect	0.8° port/starboard

ANCHOR CHAIN

	Number of shackles	Max. rate of heaving (rev/shackle)
Port	12	2.3 min
Starboard	12	2.3 min
Stem	N/A	---
1 shackle =	27.5 m = 15 fathoms	

PROPULSION PARTICULARS

of engine	MAN B&W 9350MC-CT, 14220 kW (19320 hp)
of propeller	
Engine order	
Propeller order	
Full sea speed	14.0 kts (Loaded) 25.00 kts (Ballast)
Full	14.0 kts (Loaded) 25.00 kts (Ballast)
Half	10.70 kts (Loaded) 11.30 kts (Ballast)
Slow	6.30 kts (Loaded) 6.30 kts (Ballast)
Dead slow	2.7 s (Loaded) 2.7 s (Ballast)
Full revolutions	48-54 rpm
Minimum revolutions	27 s
1 limit astern	5.8 kts
1 limit at minimum revolutions	min
Emergency full ahead to full astern	457 s
1 to full astern	27 s
2 power	70 kts
Minimum number of consecutive starts	14

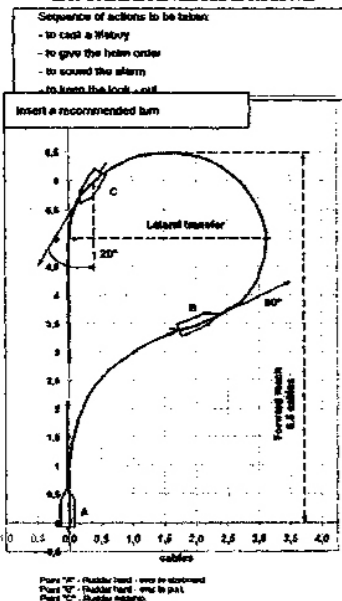
THRUSTER EFFECT AT TRIAL CONDITIONS

Thruster	kW (hp)	Time delay for full thrust	Turning rate at zero speed	Time delay to reverse full thrust	Not effective above speed
Bow	1300	---	---	---	5.0 kts
Stem	N/A	---	---	---	---
Combined	N/A	---	---	---	---

DRAUGHT INCREASE (LOADED)

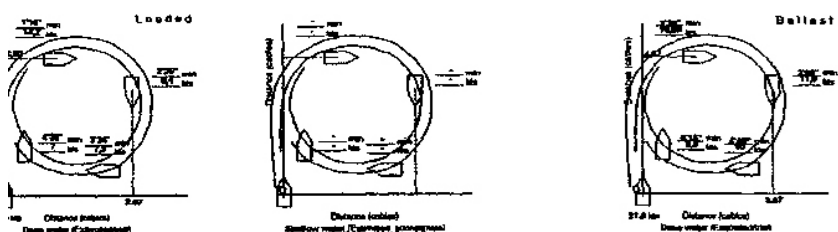
Under load clearance	Ship's speed	Max. squat of bow / stern	Heel angle	Draught increase
1.10 m	14.0 kts	1.52 m	2°	0.56 m
	10.0 kts	0.76 m	4°	1.13 m
	7.0 kts	0.38 m	6°	2.26 m
	5.0 kts	---	12°	3.42 m
	3.0 kts	---	18°	4.62 m

MAN OVERBOARD RESCUE MANOEUVRE

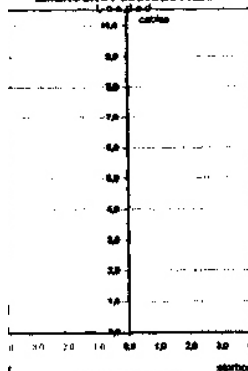


TURNING CIRCLES AT MAXIMUM RUDDER ANGLE

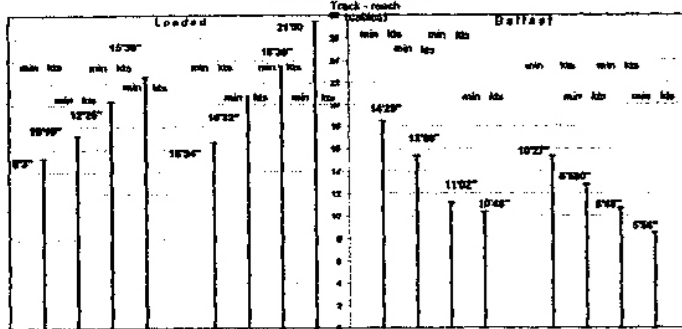
1 cable = 0.1 nautical mile



EMERGENCY MANOEUVRES



STOPPING CHARACTERISTICS



EMERGENCY MANOEUVRES

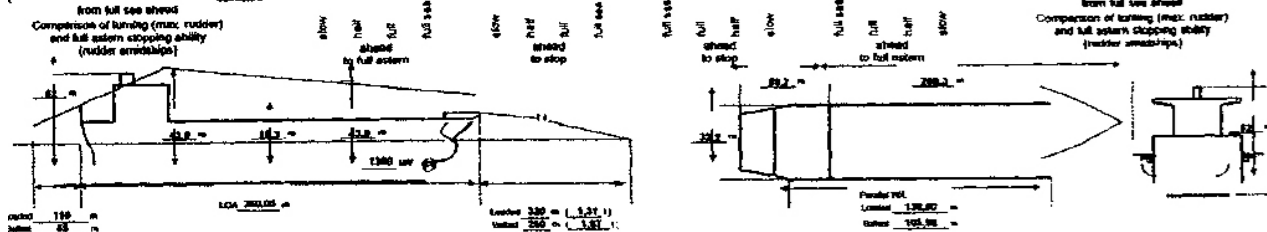
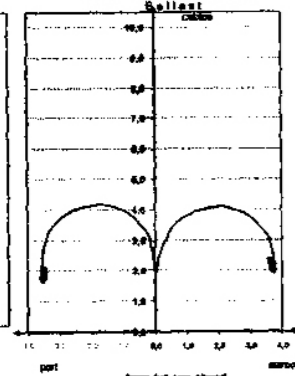


Рисунок 1.5 – Маневрені характеристики

Таблиця 1.6 - Точнісні характеристики технічних засобів навігації

Тип,	Умови	Вимірювані	Середня квадратична
------	-------	------------	---------------------

марка ТЗН		навігаційні параметри	похибка одного виміру
Gyrocompass	рухоме судно	курс/пеленг	$0.75^{\circ} \cdot \sec \text{ant latitude}$
Mag.compass	рухоме судно	курс	$\pm 3^{\circ}$
Radars	електронний візир шкали до 3 миль шкали більше 3 миль	пеленг дистанція дистанція	$\pm 1^{\circ}$ 1% of the maximum range of the scale in use
GPS	рухоме судно		13 – 36 metres
Echograph ATLAS	Щільність води $\rho=1.025$ т/м $t=20^{\circ}\text{C}$	глибина	± 1.5 метра
Speed & distance indicator		швидкість	± 0.1 узла

Дані про всі технічні засоби навігації (ТЗН) судна (електрорадіонавігаційні прилади та системи) представлені нижче на рис. 1.6.

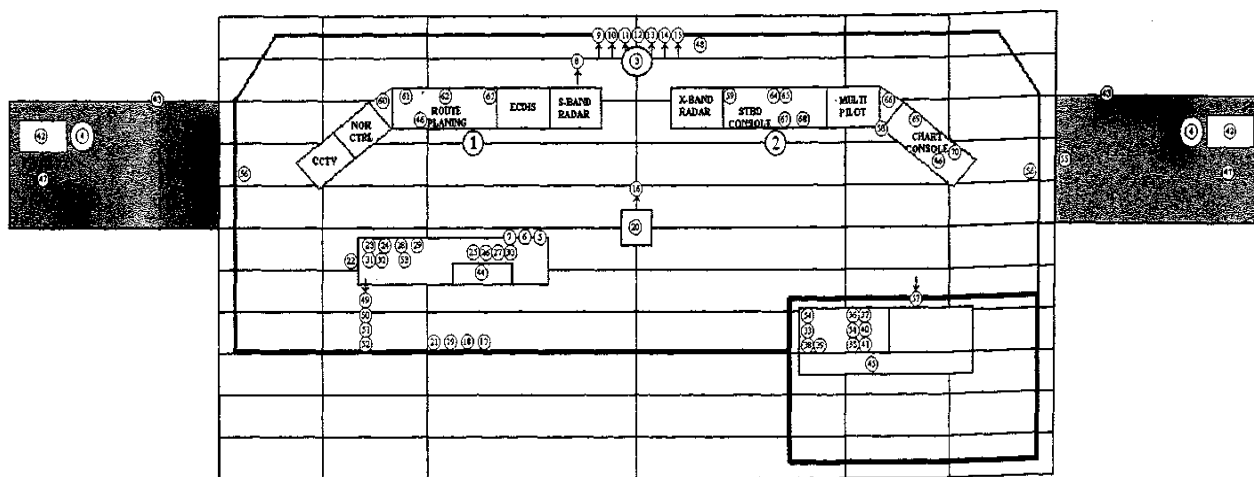


Рисунок 1.6 - Схема розташування ТЗН і пультів на ходовому містку

- | | |
|---------------------------------------|--|
| 1. BRIDGE CONTROL CONSOLE (PORT) | 20. AUTO PILOT STEERING STAND |
| 2. BRIDGE CONTROL CONSOLE (STARBOARD) | 21. GAS SAMPLING SYSTEM REPEATER PANEL |
| 3. GYRO REPETITOR | 22. PORTABLE VHT CHARGER |
| 4. GYRO REPETITOR (WINGS) | 23. CONVERTER FOR ANEMOMETER |
| 5. CHANGE OVER GYRO MONITOR UNIT | 24. TRANSFORMER BOX FOR ANEMOMETER |
| 6. NO. 1 GYRO CONTROL BOX | 25. COURSE RECORDER |
| 7. NO. 2 GYRO CONTROL BOX | 26. SPEED LOG INDICATOR |
| 8. 3 FACE RUDDER ANGLE INDICATOR | 27. LATITUDE CORRECTION SWITCH |
| 9. RUDDER ANGLE INDICATOR | 28. JOINT BOX FOR RATE OF TURN |
| 10. RATE OF TURN INDICATOR | |

11. SPEED LOG INDICATOR
12. CLINOMETER INDICATOR
13. ANEMOMETER INDICATOR
14. ELECTRIC CLOCK
15. RPM INDICATOR
16. MAGNETIC COMPASS (COMPASS DECK)
17. SPEAKER
18. FIRE DETECTION & ALARM SYSTEM
19. POWER SUPPLY AND RELAY UNIT FOR
FIRE DETECTION & ALARM SYSTEM
39. AUTO TELEPHONE
40. SATCOM-C INTERNAL MOUNTED
EQUIPMENT
41. BRIDGE WING CONTROL CONSOL
(PORT & STARBOARD)
42. SEARCH LIGHT (WINGS PORT &
STARBOARD)
43. NAVIGATION TABLE
44. RADIO TABLE
45. CHART TABLE
46. PLUG FOR DAYLIGHT SIGNALING
(PORT & STARBOARD)
47. PLUG FOR DAYLIGHT SIGNALING
48. LIFE JACKET BOX
49. LINE THROWING APPLIANCE
50. HAND FLARES SIGNAL & PARACHUTE
SIGNAL
51. SAFETY PLAN
52. CHRONOMETER
29. PLUG SYSTEM UNIT FOR RATE OF
TURN
30. MAIN UNIT FOR ECHO SOUNDER
31. MASTER CLOCK
32. WEATHER FAX RECEIVER
33. RADIO CONTROLLER
34. SATCOM-B TELEPHONE
35. SATCOM-B BUZZER
36. SATCOM-C DATA TERMINAL SATCOM-
C KEYBOARD
37. MH/FH DATA TERMINAL
38. MH/FH KEYBOARD
53. MF/HF EMERGENCY LIGHT
54. EPIRB (WING STARBOARD)
55. RADAR TRANSPONDER
56. FLAG LOCKER
57. PUBLIC ADDRESSOR
58. VHF TELEPHONE NO.1
59. VHF TELEPHONE NO.2
60. VHF/DSC PRINTER
61. GPS NO. 1
62. NAVTEX CONSOLE
63. STEERING POMPS CONTROLLER
64. HORN & MORSE CONTROLLER
65. COMMON BATTERY TELEPHONE
66. BOWTHRUSTER CONTROLLER
67. TELEGRAPH
68. GPS NO.2
69. ECHOSOUNDER REPEATER

РОЗДІЛ 2

АНАЛІЗ, ОЦІНКА ТА ПЛАНУВАННЯ НАВІГАЦІЙНОГО ПЕРЕХОДУ

2.1 Загальні вимоги до аналізу та плануванню навігаційного переходу

Обов'язкове планування рейсу, на основі збору і глибокого аналізу всієї наявної навігаційної інформації про маршрут майбутнього переходу і детального попереднього його проробки.

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

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

Існують чотири стадії планування безпечного переходу:

I. Appraisal (Оцінка).

II. Planning (Планування).

III. Execution (Виконання).

IV. Monitoring (Контроль).

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

Для забезпечення безпеки плавання і щоб не створювати загрозливих ситуацій в плані рейсу повинен бути зазначений маршрут, який:

- враховує всі належні до нього системи встановлення шляхів руху суден;
- забезпечує достатній морський простір для безпечного проходу судна під час всього рейсу;

- прогнозує всі відомі навігаційні небезпеки і несприятливі метеорологічні умови;
- враховує вживані заходи по захисту морського середовища і, наскільки це можливо, уникає дій і діяльності, які можуть завдати шкоди морському середовищу.

З цією метою:

1. Майбутній рейс має плануватися заздалегідь, беручи до уваги всю наявну до цього інформацію, а будь-який прокладений курс повинен бути перевірений до початку рейсу.
2. Старший механік повинен, проконсультувавшись з капітаном, визначити заздалегідь потреби майбутнього рейсу, беручи до уваги потреби в паливі, воді, мастильних матеріалах, хімікатах, витратних та інших запасних частинах, інструментах, запасах та інших вимог.
3. До початку кожного рейсу капітан кожного судна повинен забезпечити, щоб передбачуваний шлях з порту відходу до першого порту заходу планувався, використовуючи правильно підібрані відповідні карти та інші навігаційні посібники, необхідні для майбутнього рейсу, що містять точну повну і відкориговану інформацію щодо тих навігаційних обмежень і небезпек, які мають постійний або передбачуваний характер, і які мають відношення до безпеки плавання суден.
4. Після перевірки запланованого шляху, беручи до уваги всю інформацію що до нього, запланований шлях повинен бути прокладений на відповідних картах і бути постійно доступним для вахтового помічника капітана, який до того як лягти на відповідний курс, зобов'язаний перевірити його.
5. Якщо в ході рейсу прийнято рішення про зміну наступного порту заходу або якщо необхідно суттєво відхилитися від запланованого шляху з інших причин, змінений шлях повинен опрацьовуватися заздалегідь, до того як він буде істотно змінений.

Отримавши рейсове завдання, капітан спільно зі штурманським складом, опрацьовує маршрут майбутнього плавання, визначає заходи щодо забезпечення безпеки плавання в рейсі.

Планування переходу і його виконання включає в себе послідовні етапи:

- Оцінку (Appraisal), тобто збір всієї інформації, що відноситься до передбачуваного рейсу або переходу;
- Планування (Planning), вибір шляху, детальне планування всього рейсу або переходу від причалу до причалу, включаючи райони, в яких потрібна присутність на борту лоцмана;
- Підготовка (Preparation), судна, екіпажу до конкретного плавання, оформлення розробленої при плануванні документації;
- Виконання (Execution) плану в процесі плавання;
- Управління (Monitoring), контроль за просуванням судна при виконанні плану.

Розробка плану рейсу або переходу, безпосередній і безперервний контроль за просуванням і місцем розташування судна при його виконанні, мають важливе значення для забезпечення охорони людського життя на морі, безпечного плавання і ефективного захисту морського середовища.

2.2 Оцінка запланованого переходу

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

Таблиця 2.1 – Перелік карт на перехід

Тип карти	Cell	Назва карти	Дата випуску
-----------	------	-------------	--------------

	No.		
Генеральні карти	87	Cabo Finisterre to the Strait of Gibraltar	01. 2018
	4300	Mediterranean and Black Seas	12.2021
	4301	Mediterranean Sea Western Part	10.2020
	4302	Mediterranean Sea Eastern Part	12. 2021
Путьові, приватні карти і плани	3222	Lisboa. Alcantara to Canal do Montijo	10.2013
	3221	Lisboa-Paco de Arcos to Terreiro do Trigo	10.2012
	3220	Entrance to Rio Tejo including Baia de Cascais	06. 2016
	3636	Cabo Espichel to Cabo de Sao Vicente	11. 2018
	91	Cabo de Sao Vicente to the Strait of Gibraltar	11. 2018
	142	Strait of Gibraltar	11. 2018
	3578	Eastern Approaches to the Strait of Gibraltar	11.2018
	773	Strait of Gibraltar to Isla de Alboran	04. 2018
	774	Motril to Cartagena Including Isla de Alboran	11.2018
	1909	Ile Plane to Cherchell	07.2017
	1910	Cherchell to Bejaia	07. 2017
	252	Cap Corbelin to Cap Takouch	07.2021
	2121	Ras el Hadid (Cap de Fer) to Iles Cani	07. 2020
	2122	Bizerte to Capo San Marco	01. 2021
	2123	Capo Granrtola to Capo Passero	01. 2021
Путьові, приватні карти і плани	3400	Ras al Muraysah to El Iskandariya	02.2021
	2574	Ras El Dab'a to Masabb Dumyat	02.2021
	2681	Approaches to Alexandria and Khalij Abu Qir	02.2021
	302	Approaches to Al Iskandariyah (Alexandria)	01.2021
	3119	Port of Alexandria	10.2013
	5006	The World Time Zone Chart	2021
Допоміжні карти	5308	The World Sailing Ship Routes	2011
	5309	World General Surface Current Distribution	2016
	5375	Magnetic variation. 2015 and Annual rates of Change - North Atlantic Ocean and Mediterranean Sea	2020
	D6083	The World Load Line Regulations	2018

Таблиця 2.2 – Перелік публікацій на перехід

NP No	TITLE
-------	-------

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

Продовження табл. 2.2

ASTRONOMICAL PUBLICATIONS	
314-00	Nautical Almanac 2019
303 (4)	Sight Reduction Forms (H.494)
323	Star Finder and Identifier
401 (2)	Sight Reduction Tables for Marine Navigator – Vol. II Lat 30° - 45°
MISCELLANEOUS PUBLICATIONS	
100	The Mariners Handbook
136	Ocean Passages for the World (4 th Edition, 1987)
131	Catalogue of Admiralty Charts and Publication
294	How to Correct your charts the Admiralty Way
735	IALA Maritime Buoyage System, Edition 5 1994
5011	Symbols and Abbreviations used on Admiralty Charts, Edition 2 1998
Guide to Port Entry 2016	
Fairplay 2016	

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.

Таблиця 2.3 - Радіостанції факсимільних гідрометеорологічних передач

N п/п	Радіо / станція	Позначення і кордони карти	Зміст передачі	Час передачі
----------	--------------------	-------------------------------	-------------------	-----------------

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

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

Таблиця 2.4 - Райони NAVAREA, станції NAVTEX на переході

№	Ділянка переходу	Район NAVAREA	Станції NAVTEX	Координатор NAVAREA
1	Atlantic Ocean (Portugal Coast)	II	Monsanto [R]	France
2	South Coast of Spain	III	Tarifa [G]	Spain
3	Mediterranean Sea	III	Roma [R] Alexandria [N] Limnos [L]	Spain

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

деталі зв'язку з лоцманськими станціями і операторами терміналів в портах. Отримані відомості зводимо в таблицю 2.5.

Таблиця 2.5 – Зв'язок на переході

№	Станція	Спосіб зв'язку	Канали, частоти	Примітка
1	Lisboa Pilots and Port	VHF	06; 13; 73	RP, Port Control, Call sign, name of ship, IMO number, Next port of Call, ETA/ETB,
2	Alexandria Pilots and Port	VHF	16; 10; 13	Call sign, name of ship, Last/Next Port of Call, Cargo

Таблиця 2.6 – СУРС по маршруту переходу

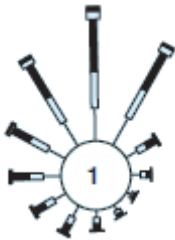
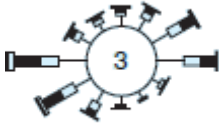
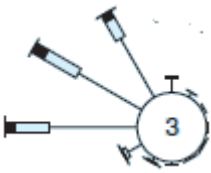
№	Traffic separation scheme	Station	VHF	Reporting point description
1	Lisboa	Lisboa VTS	21, 9	Reporting system area
2	Gibraltar Strait	Tarifa VTS	16, 10	Reporting system area
3	Med. Sea	Marsala VTS	12, 14	Reporting system area

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

2.2.2 Збір та аналіз гідрометеорологічної інформації

Аналіз гідрометеорологічних умов по маршруту плавання виконується за період (місяць) переходу, що проробляється. Для цього використовуються середні багаторічні дані, які наведені в Атласах океанів, кліматологічних, гідрографічних і океанографічних посібниках, Pilot Chart (Інтернет-сайт www.passageweather.com). Для опису гідрометеорологічних умов необхідно перехід розбити на ділянки (три і більше) в залежності від відстані між портами. Необхідні данні вносимо в таблиці 2.7, 2.8.

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

Характеристики за ділянками	Атлантичне узбережжя			Західна частина Середземного моря			Східна частина Середземного моря		
Атмосферний тиск, гПа	1016			1015			1014		
Вітер									
Направлення вітру	Повторюваність вітру, %			Повторюваність вітру, %			Повторюваність вітру, %		
	Сумарна	11-15 м/с	>16 м/с	Сумарна	11-15 м/с	>16 м/с	Сумарна	11-15 м/с	>16 м/с
N	23	-	1	1	-	-	15	4	-
NE	23	3	2	1	-	-	13	-	-
E	8	1	-	2	-	-	13	-	-
SE	3	-	-	1	-	-	16	-	-
S	5	-	-	1	-	-	9	-	-
SW	12	-	-	39	1	-	5	-	-
W	15	-	-	41	1	1	10	5	-
NW	10	-	-	1	-	-	20	8	-
Результуючий вітер	направлення, у румбах		NNE	направлення, у румбах		ESE	направлення, у румбах		WNW
	швидкість, м/с		8	швидкість, м/с		8	швидкість, м/с		6
Максимальна швидкість вітру, м/с	спостережена		10	спостережена		9	спостережена		8
	розрахункова		10	розрахункова		11	розрахункова		12
Повторюваність штилів, %	20			60			70		

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

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

Температура повітря, °C		20	20	24
Температура води, °C		16-18	17	18
Відносна вологість, %		60	72	71
Повторюваність туманів, %		0	0	-
Видимість менше 2 міль		0	1	-
Хмарність, бали		5	4	3
Солоність води, ‰		63	57	72
Щільність води, г/см ³ (або кг/м ³)		1.027	1.025	1,026
Постійні течії	назва	Португальське	Туніське	Середземне
	термодинамічна характеристика	тепле	тепле	тепле
	напрявлення	SE	ENE	ENE
	швидкість, вузл.	1	1-2	1
	стійкість	50-75	50-75	50-75
Швидкість припливних течій, вузл.		1-3	0,5	0,5
Висота хвиль, м	середня	4	1	1
	максимальна	7	3	3
Період хвиль, с		7	5	5

2.2.3 Збір та аналіз навігаційної інформації при прибережному плаванні

Порт Лісабон розташований в гирлі р. Тежу (Тахо), що впадає в Лісабонський затоку. Є найбільшим торговим портом Португалії і головний базою португальського військово-морського флоту. Західний кордон порту проходить від вежі Белен, розташованої в 3,5 милі на північний схід від південного вхідного в р. Тежу м. Бику-да-Калья. Порт доступний для великих суден, глибини біля причалів 4,6-15,8м. Глибини на барі р.Тежу 9-16 м, та-леї глибини збільшуються.

До порту ведуть 2 фарватеру, поблизу яких лежать банки і мілини. Фарватер Барра-Гранді, або Сул, веде через бар р.Гежу і є основним шляхом, по якому судна з великою осадкою можуть проходити в порт Лісабон. Ширина

фарватеру 8 кб, глибини 11-22 м. Створ світять знаків забезпечує плавання по фарватеру. Фарватер Барра-Норті, або Канал-Норті, проходить в 0,4 кб на південь від північного берега Лісабонського затоки. Ширина його 1,5 кб, найменша глибина на осі фарватеру 5,1 м. Створ світять знаків забезпечує плавання по фарватеру.

Характер припливу в порту півдобовий, його середня величина 2,4 м, сізигійного - 3,3 м. Швидкість припливної течії на барі р. Тежу близько 3 уз, відливного - близько 4 уз; під час розливу річки після сильних дощів швидкість відливного течії досягає 5 уз, проти м. Лісабона — 6—7 уз.

Вплив відливної течії відчувається на відстані до 2- 3 миль морістєє бару річки. На фарватері Барра-Гранді приливо - відливних течії йдуть уздовж його осі, в р. Тежу приливної протягом направлено вздовж берегів. При сильній відливній течії і північних вітрах з моря над баром утворюються буруни.

На акваторії порту для стоянки судів на якорі введені зони, з яких найбільш важливими є західна і центральна.

Якірні стоянки. Судна, які не будуть швартуватися, і судна, які очікують місця біля причалу, повинні ставати на якір в західній зоні. Якщо передбачається тривала стоянка, необхідно стати на 2 якоря, віддавши один вгору, інший вниз по річці.

Якірне місце для судів з легкозаймистими та вибухонебезпечними вантажами розташоване в басейні Мар-да-Палья, розташованого в по-стічної частини порту. Суднам з важкими вантажами рекомендується ставати на якір поблизу лівого берега р.Тежу, де вони будуть менше дрейфувати.

Великі судна можуть ставати на якір за межами порту, в б. Кашкайш, де глибини 13-17 м, або в 4,5 кб на північний схід від м. Салмоду, де глибини 10-12 м. Приватна стоянка малих суден знаходиться в цій же бухті ближче до берега. Якірна стоянка в б. Кашкайш можлива тільки при вітрах північної половини горизонту.

У р. Тежу можна ставати на якір в районі на північний схід від м. Бику-да-Калья; глибини тут 20-30 м, ґрунт - переважно мул, пісок, якоря тримає добре.

Лоцманська проводка, обов'язкове для суден, що йдуть зі східного боку вежі Белен. Лоцман піднімається на судно в районі станції Белен. Судну замовляють лоцмана за 4 години або більше до прибуття, подаючи телеграму, що містить: назву судна, розрахунковий час прибуття, осадку судна, район передбачуваної проводки і місце взяття лоцмана, на адресу Pilots Lisbon. Зв'язок з лоцманом на 6, 13, 16 (цілодобова) і на 73 каналах УКВ. Зв'язок на КВ - на частотах 2182 і 2341 кГц.

Причали. Басейни і набережні порту тягнуться більш ніж на 7 миль уздовж правого берега річки.

Т-подібний пірс Сопоната знаходиться в 1,2 милі на північний схід від басейну Бішпу. Пірс призначений для нафтоналивних суден, до нього можуть одночасно підходити 4 танкера вантажопідйомністю до 19 тис. Т.

Ще один Т-подібний пірс розташований на лівому березі р. Тежу, в 5 кб на схід від м. Бику-да-Калья. Довжина поперечної частини пірсу 100 м, глибина уздовж неї 11 м. У краю пірсу є кущі паль.

Агентування. Фірма "Aminter-Agenda Maritirna International Lda" є генеральним агентом в Португалії.

Нотіс ЕТА передається на адресу агента за 24 і за 12 год до прибуття. Позивний Радіо Лісабон - CUL. УКХ радіостанція працює на каналах 5, 9, 21, 16 і 19.

У порту працюють 6 буксирів потужністю по 2,5 тис. л. с. План порту наведено на рис. 2.1.

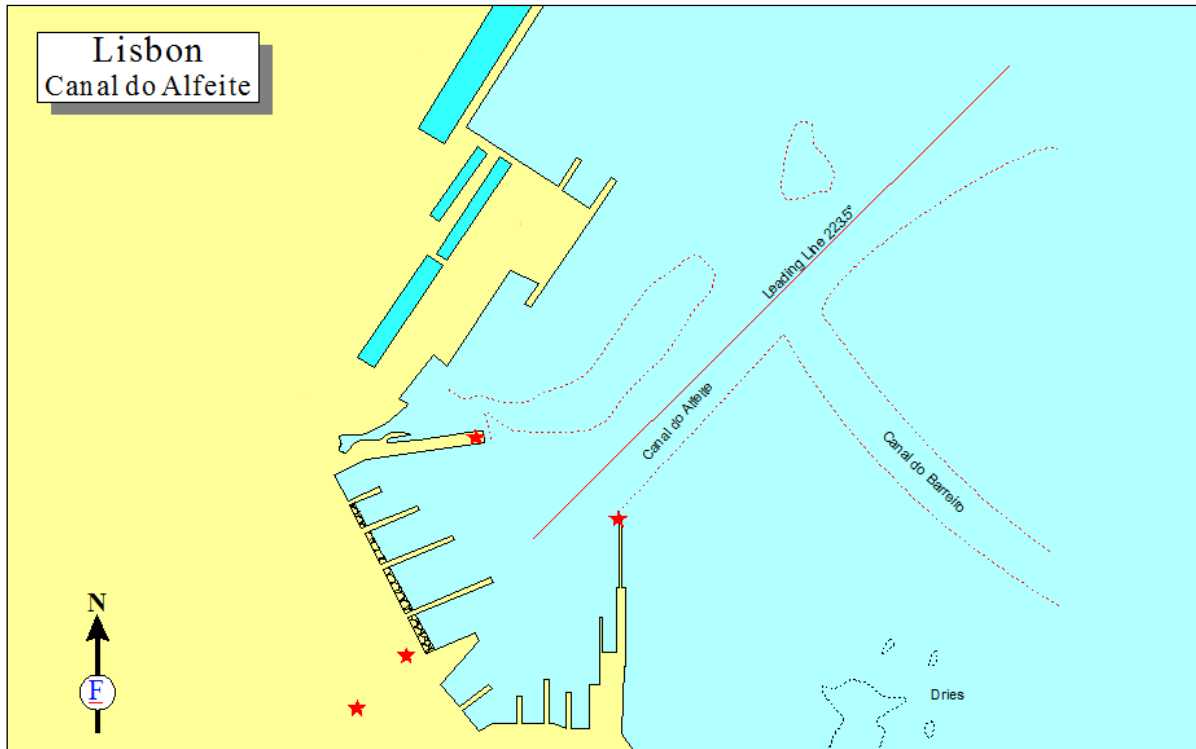


Рисунок 2.1 – План порту Лісабон

Порт Олександрія розташований на північному узбережжі Єгипту, на західному краю дельти Нілу; він складається з двох гавань — Східної (Eastern) і Західної (Western), які розділені Т-подібним мисом/перешийком. Західна гавань — головна комерційна (для великих суден), східна — більш мілководна і переважно рекреаційна. Порт Олександрія розташований із західного боку дельти р. Ніл. Кордон порту проходить від м. Распов-Тін до точки, розташованої в 2 кб. Морістее входу в прохід Богаз, і далі до форту Аббас.

Підхід до порту здійснюється через смугу мілководдя глибинної менше 14 м. У порт ведуть 4 проходу - Абу-Акар, Богаз, Ель-Кебір і Мара-бут. Перші три ведуть в зовнішню гавань. В Абу-АКАР найменша глибина 5,8 м. Богаз шириною 0,5 кб, глибиною 9 м доступний для суден осадкою до 7 м.

Прохід Ель-Кебір є головним ведучим з моря в порт; обладнаний для плавання вночі. Однак, при хвилюванні на море плавання цим проходом в нічний час заборонено. Найменша глибина на осі 14,2 м; ґрунт піщаний.

Західний прохід марабут глибиною 6,4 м доступний для малих суден і тільки вдень.

Якірний район очікування для суден, що йдуть в порт розташований на північний захід від входу в проходи Ель-Кериб і Богаз. Глибини в районі 36-52м. Грунт - мул, пісок. У зовнішній гавані справа і зліва від проходу є 2 райони очікування, але постановка на якір можлива тільки з дозволу капітана порту.

Головна частина порту Олександрія, де розташовані основні портові споруди, складається з 2 великих гаваней - зовнішньої і внутрішньої, розділених кутовим молом.

Оперативні дані: порт експлуатує Alexandria Port Authority; у порту є численні причали та термінали (контейнерні, генеральні вантажі, нафтопричали, Ro-Ro та пасажирські

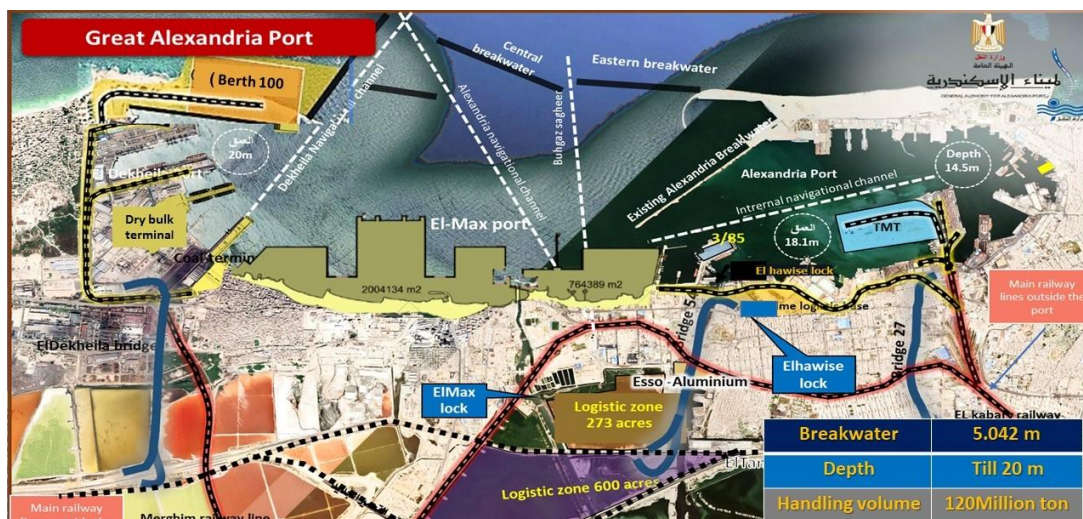
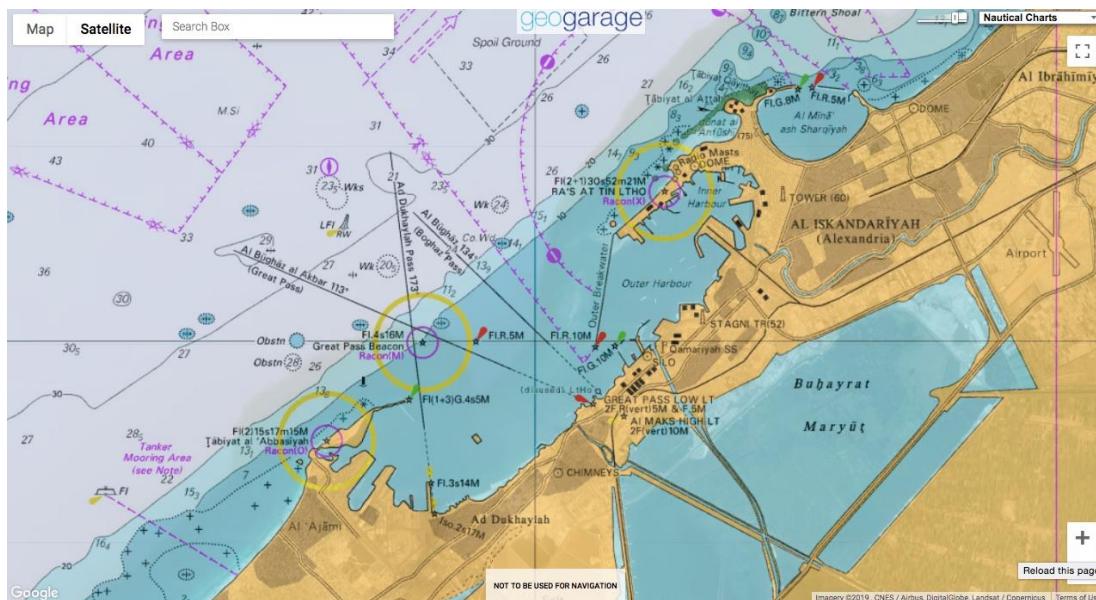


Рисунок 2.2. - План порту Олександрія

Таблиця 2.9 – Засоби навігаційного обладнання

№	Name	Position φ λ	Range	Characteristics
1	Lisnave	38°41,3' N 009°08,6'W	3	Fl(2) 2 s
2	Torre de Belem	38°41,5' N 009°13,0'W	2	ISO 2s
3	Forte Bugio	38°41,9' N 009°16,6'W	21	FL(4) 5s
4	Cabo de Sao Vicente	37°01,3 N 008°59,7 W	32	FL 5s
5	Pointe Malubata	35°48,9 N 005°44,9 W	22	FL 5s
6	Tarifa	36°00,0 N 005°36,5 W	26	FL(3) 10s
7	Punta Almina	35°53,8 N 005°16,8 W	22	FL(2) 10s
8	Ras At Tin	31°11,7 N 29°51,7'E	18	Fl(3) 30s

2.3 Навігаційні розрахунки для забезпечення безпеки плавання

2.3.1 Розрахунок ортодромії

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

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

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

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

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

Провівши розрахунок ортодромії, робиться висновок про доцільність плавання по ортодромії

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

$$S = \frac{PШ}{\cos K}$$

$$\operatorname{tg} K = \frac{PД}{PМЧ}$$

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

$$\Delta = S - D$$

Рівняння ортодромії для нанесення на меркаторську карту:

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

де λ_0 – довгота точки перетину екватора ортодромії;

K_0 - кут між меридіаном і ортодромії.

Від точки $\varphi_n = 00^\circ 00' N$, $\lambda_n = 47^\circ 22' W$ до точки $\varphi_k = 49^\circ 17' N$, $\lambda_k = 6^\circ 00' W$.

Таблиця 2.10 – Розрахунок локсодромії

φ_k	49°17 N	λ_k	06°00 W	РМЧ	3398
φ_n	00°00 N	λ_n	47°22 W	K	43°
РШ	2957	РД	3202	S	4049

Визначити довжину ортодромії:

$$\cos D = \sin \varphi_1 \times \sin \varphi_2 + \cos \varphi_1 \times \cos \varphi_2 \times \cos PД$$

$$D = 4017 \text{ мили}$$

Доцільність плавання по ортодромії дорівнює:

$$\Delta S = S_{\lambda} - D = 4049 - 4017 = 32 \text{ мили}$$

Плавання по ортодромії невігідно

Виконаємо розрахунок плавання по ортодромії:

Знаходимо λ_0 :

$$\operatorname{tg}\left(\frac{\lambda_h - \lambda_k}{2} - \lambda_0\right) = \operatorname{tg} \frac{PD}{2} \times \sin 2\varphi \times \operatorname{cosec} PIII$$

$$\operatorname{tg} k_0 = \frac{\sin(\lambda_h - \lambda_0)}{\operatorname{tg} \varphi_h}$$

Обчислюємо $k_0 \Rightarrow$

Таблиця 2.11 - Курси і відстані при плаванні по ортодромії

N	Широта	Довгота	Курс	Відстань
1	10° 40 N	40° 00.0 W	35	768
2	23° 29 N	30° 00.0 W	37	958
3	33° 43 N	20° 00.0 W	41	808
4	41° 20 N	10° 00.0 W	46	660
5	46° 49 N	00° 00.0 W	53	542
6	49° 17 N	06° 00.0 E	58	281

2.3.2 Складання маршрутних листів

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

2.3.3 Графічний план переходу

Результати навігаційного планування переходу оформляють у вигляді графічного плану переходу. На графічному плані (рис. 2.4) наноситься наступна

інформація: курс судна (ортодромія чи локсодромія), назви портів відходу/заходу, основні течії, рози вітрів.

2.3.4 Розрахунок природної освітленості

Розрахунки освітленості виконують двома послідовними наближеннями:

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

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

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

Route: Лісабон-Олександрія

Route: Lisbon - Alexandria											
WP	Lat	Lon	Distance	Course	Total Distance	Time Zone	ETA	ETD	TTG	Total Time	Speed
0	38° 43.448' N	009° 04.451' W	XXXX	XXXX	XXXX	00:00 W	XXXX	10.04.2025 10:00	XXXX	XXXX	XXXX
1	38° 41.783' N	009° 07.511' W	2,92 nm	235,2 °	2,92 nm	00:00 W	10.04.2024 10:24	10.04.2025 10:24	00d 00h 24m	00d 00h 24m	7,0 kt
2	38° 41.171' N	009° 16.668' W	7,20 nm	265,1 °	10,11 nm	00:00 W	10.04.2024 11:08	10.04.2025 11:08	00d 00h 43m	00d 01h 08m	10,0 kt
3	38° 35.012' N	009° 30.676' W	12,58 nm	240,7 °	22,69 nm	00:00 W	10.04.2024 11:55	10.04.2025 11:55	00d 00h 47m	00d 01h 55m	16,0 kt
4	36° 35.933' N	009° 21.443' W	119,16 nm	176,5 °	141,86 nm	00:00 W	10.04.2024 19:22	10.04.2025 19:22	00d 07h 26m	00d 09h 22m	16,0 kt
5	35° 54.479' N	006° 13.444' W	157,59 nm	105,2 °	299,45 nm	00:00 W	11.04.2024 05:13	11.04.2025 05:13	00d 09h 50m	00d 19h 13m	16,0 kt
6	35° 55.054' N	005° 36.363' W	30,13 nm	088,9 °	329,57 nm	00:00 W	11.04.2024 07:06	11.04.2025 07:06	00d 01h 52m	00d 21h 06m	16,0 kt
7	35° 58.753' N	005° 22.633' W	11,74 nm	071,7 °	341,32 nm	00:00 W	11.04.2024 07:50	11.04.2025 07:50	00d 00h 44m	00d 21h 50m	16,0 kt
8	37° 43.900' N	009° 00.900' E	700,89 nm	081,4 °	1042,20 nm	00:00 W	13.04.2024 03:38	13.04.2025 03:38	01d 19h 48m	02d 17h 38m	16,0 kt
9	37° 44.150' N	010° 52.515' E	88,54 nm	089,8 °	1130,74 nm	00:00 W	13.04.2024 09:10	13.04.2025 09:10	00d 05h 32m	02d 23h 10m	16,0 kt
10	31° 09.544' N	029° 50.050' E	1018,98 nm	112,7 °	2149,72 nm	02:00 E	16.04.2024 02:51	16.04.2025 02:51	02d 15h 41m	05d 14h 51m	16,0 kt
11	31° 09.708' N	029° 50.729' E	0,61 nm	074,3 °	2150,33 nm	02:00 E	16.04.2024 02:56	16.04.2025 02:56	00d 00h 05m	05d 14h 56m	7,0 kt
12	31° 10.892' N	029° 51.777' E	1,48 nm	037,3 °	2151,81 nm	02:00 E	16.04.2024 03:09	XXXX	00d 00h 12m	05d 15h 09m	7,0 kt
Sea passage Lisboa PILOT to Alexandria PILOT : DISTANCE =						2151,8	TIME FOR SEA PASSAGE =		134 hrs		
Pilotage						12					
During pilotage a position on the chart every 6 min and before course alteration. All depths less than 8 m are highlighted Reporting Points and Notes are marked on the charts.						1. ALRS - NP 281(1), 283(1), 285, 286(3,2)					
						2. NP 202, 120 - Tidal Tables,					
						3. NP 77, 78 - Light List					
						4. NP 67, 45, 49 - Sailing Directions					
						87-4300-4301-4302-3222-3221-3220-3636-91-142-3578-					
						773-774-1909-1910-252-2121-2122-2123-3400-2574-					
						2681-302-3119					

Рисунок 2.3 – Маршрутний лист

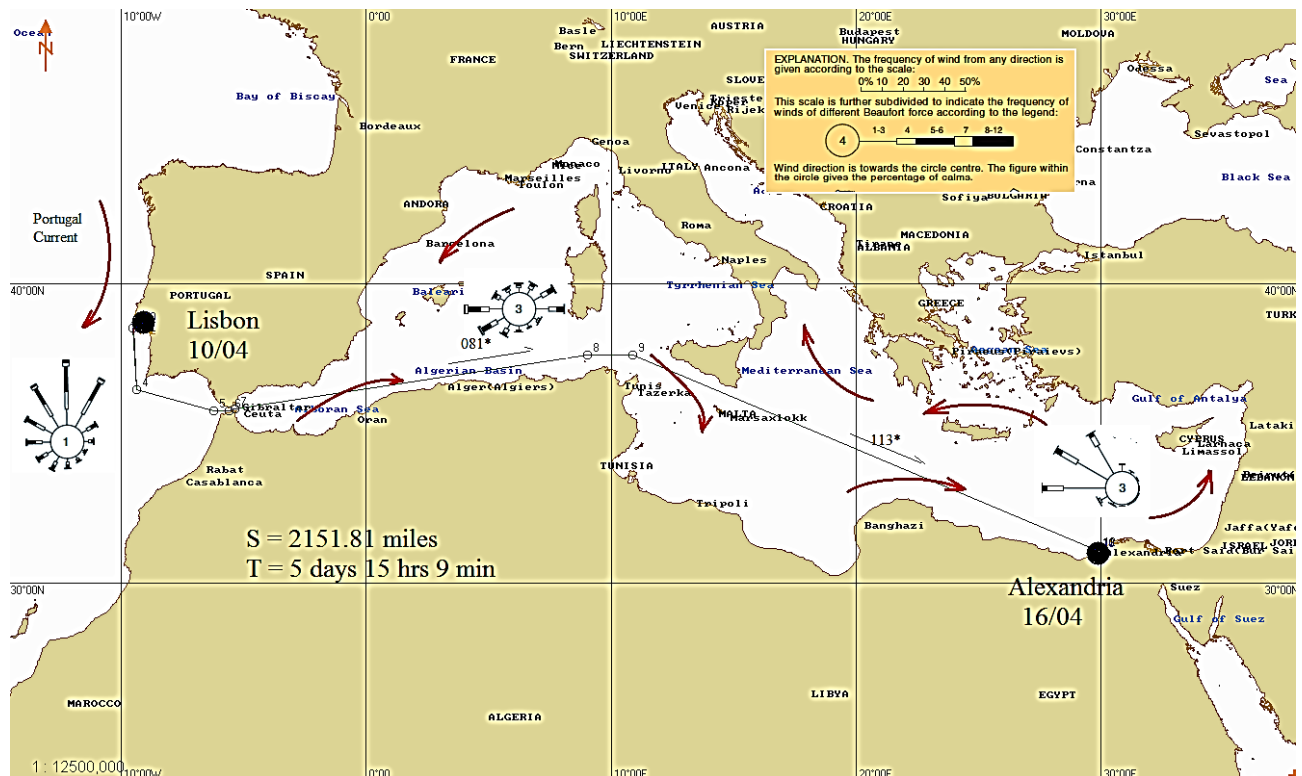


Рисунок 2.4 – Графічний план переходу

По широті місця судна φ і схиленню Сонця δ на моменти його сходу і заходу по формулі $\text{tg } A$ розрахуємо азимути Сонця (Z) при сході і заході, які також внесемо до таблиці 2.12.

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

Місцевий час явища переводять у Грінвічний:

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

Грінвічний час явища переводять в судновий:

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

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

Таблиця 2.12 – Елементи освітленості

Date	Twilight	SUN				Twilight	MOON		
		Sunrise ZT	Z	Sunset ZT	Z		Moonrise ZT	Age	Moonset ZT
10.04	04.08	05.08	79	17.57	281	18.55	04.28	27	15.54
13.04	04.48	05.45	79	18.34	281	19.30	06.19	0	19.14
16.04	04.38	05.32	78	18.29	282	19.24	07.45	3	21.58

2.3.5 Розрахунок висот приливів та побудова графіків приливів

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

Таблиця 2.13 - Припливи в порту Лісабона

Лісабон			
10/04		10/04	
Тп	hп	Тп	hп
05:43	3.8	18:03	4.0
Тм	hм	Тм	hм
11:16	0.5	23:45	0.4

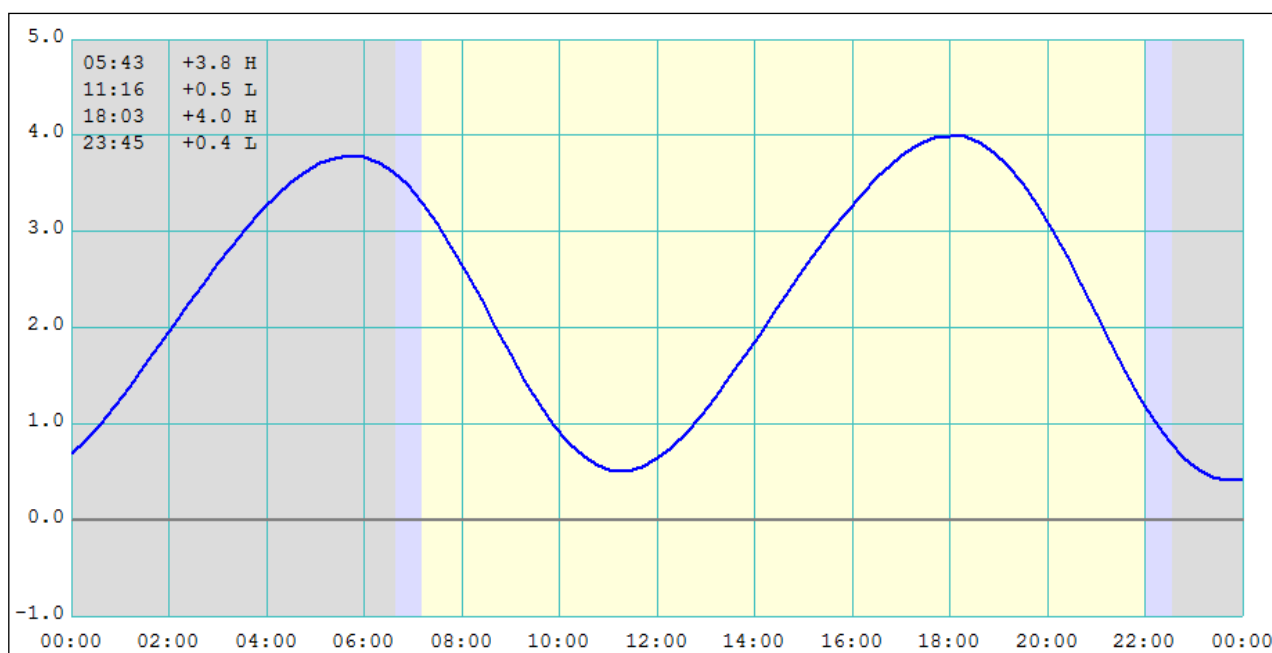


Рисунок 2.5 - Графік повної і малої води для порту Лісабон

2.4 Висновки

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

У процесі опрацювання навігаційного переходу були обрані безпечні курси плавання відповідно до пори року. Загальна протяжність переходу склала 2151,81 милі; час виходу з порту Лісабон 10/04/25 о 10:00 за місцевим часом; час приходу в порт Олександрія 16/04/25 в 3:09. Тривалість переходу 5 днів 15 годин 9 хвилин.

При плаванні поблизу берегів найбільш точними способами визначення місця судна є визначення за допомогою РЛС, візуально, а так само комбінованим способом. Резервний спосіб обсервації - астрономічний.

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

РОЗДІЛ 3

ОБРОБКА І РОЗМІЩЕННЯ ВАНТАЖУ

3.1 Транспортні характеристики вантажів

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

Двері контейнера повинні вільно закриватися й відкриватися, для чого при укладанні вантажу необхідно залишати вільний простір між вантажем і дверима контейнера: для контейнерів масою брутто до 5 т - від 3 до 5 см, масою брутто понад 5 т - 5 см.

Прибивати вантажі або пристосування для їхнього кріплення (стілки, прокладки, клини й ін.) цвяхами, скобами або іншим способом до підлоги, стінкам, стелі забороняється.

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

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

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

Перевізник вправі перевозити навантажені великотоннажні контейнери на палубі судна. Якщо особливості вантажу, перевезеного у великотоннажному

контейнері, вимагають розташування його в трюмі, то відправник вантажу зобов'язаний заздалегідь указати це в перевізному документі.

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

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

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

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

На табличці залишається також вільне місце для дат першого й наступного оглядів (місяць і рік), якщо нанесення таких на табличці передбачено.

Основні транспортні характеристики вантажу який перевозиться представимо в табличній форм таблиця 3.1.

Таблиця 3.1 – Транспортні характеристики вантажів

№ п/п	Найменування вантажу	Кількість, шт	Маса партії груза, т	Тип контейнера, ISO	IMDG Code					Норми ванта-жних робіт, шт/добу	
					Номер ООН	Клас	Знак маркування	Категорія розміщення і обробка	Аварійні дії (АВК)	Вантаження	Вивантаження
1	Контейнери 20'	771	13555,6	GP	-	-	-	-	-	3200	3000
2	Контейнери 40'	2039	45954,3	GP	-	-	-	-	-		
3	Контейнери 20'	6	72,4	GP	2224	6.1		Category A	F-A, S-A		
4	Контейнери 20'	2	12,3	GP	2002	4.2		Category D	F-A, S-J		
5	Контейнери 40'	1	14,2	GP	1986	3		Category E	F-E, S-D		
Всього		2819	59608,8								

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

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

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

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

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

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

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

Вимоги до суднового обладнання:

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

Припустиме число ярусів контейнерів визначається схемами, розробленими з врахуванням:

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

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

До початку вантажних операцій факт готовності вантажних приміщень оформляють актом.

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

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

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

У сфері лінійного судноплавства він називається лінійним коносаментом (Liner Bill of Lading) і виконує наступні три функції:

- 1) є доказом договору морського перевезення;
- 2) служить розпискою перевізника в прийманні вантажу до перевезення;
- 3) є товаророзпорядчим документом, що дає право його власникові розпоряджатися вантажем.

У сфері трампового судноплавства, де відносини сторін оформляються чартером, функція коносамента як договору морського перевезення поглинається чартером і коносамент, що виконує "урізані" функції, стає чартерним коносаментом (Charter Bill of Lading), що, проте, продовжує відігравати важливу роль, наділяючи вантажоодержувача правами сторони в договорі морського перевезення, коли він договірною стороною в чартері не є.

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

Причини появи морських накладних - поступальний розвиток галузі морських перевезень, технічне переоснащення й збільшення швидкості перевезень, а також не втішлива статистика, здійснення шахрайських дій з використанням коносаментів.

Морська накладна являє собою транспортний документ, який використовується у морських перевезеннях у функції якого входить: 1) Функція документа, що підтверджує укладання договору перевезення. 2) Функція документа, що підтверджує факт прийняття вантажу, перевізником (судновласником) до перевезення, у зазначеному в ньому кількості і якості. На цьому функції морської накладної закінчуються.

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

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

Роздрукований Sea Waybill вважається лише копією.

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

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

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

На весь завантажений на судно вантаж виписується вантажний маніфест (Cargo Manifest) — транспортний документ, що містить перелік коносаментів по вантажам, прийнятим у даному порту відправлення на кожний порт призначення. У вантажному маніфесті приводяться такі відомості: назва судна; номер рейсу; прізвище капітана; порт навантаження; дата відходу й напрямок проходження судна; номери коносаментів; найменування й кількість вантажу по кожному коносаменті; маркування вантажу; найменування відправників вантажу й вантажоодержувачів і ін. Маніфест виписується судовим агентом для кожного порту вивантаження окремо й використовується для митного оформлення судна й вантажу й організації вивантаження вантажу в іноземних портах.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Вантажний план (карго-план) для суден ро-ро являє собою схематичне зображення палуб судна, на яких зазначене найменування й кількість вантажу, число місць окремих партій, положення центру ваги, порти призначення, а при необхідності й номери коносаментів.

Як правило складають: попередній вантажний план (Preliminary Cargo Plan) - до початку навантаження й виконавчий вантажний план (Executive Cargo Plan) - після закінчення завантаження судна, що містить загальний розподіл вантажу по вантажних приміщеннях і на верхній палубі.

Прийом і здача контейнерів провадиться по їхній кількості, із зовнішнім оглядом контейнерів і перевіркою цілісності пломб первісних відправників вантажу, стану закриттів і без зважування. У перевізних документах вказуються відбитки знаків на пломбах. У випадку виявлення в момент передачі технічної несправності контейнера, у результаті якої міг мати місце доступ до вантажу або можливе його псування, а також при виявленні ушкодження або відсутності

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

3.3 Розрахунок чистої вантажопідйомності судна

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

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

Перехід Лісабон – Олександрія проходить в зоні дії літньої вантажної марки без обмежень по осадці. За розрахункову водотоннажність приймаємо, встановлену для зони дії літньої вантажної марки.

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

$$\Delta_p = 107751 \text{ т.}$$

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

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

де Δ_0 - водотоннажність порожнього судна, т.

$$\Delta_w = 107751 - 27200 = 80551 \text{ т}$$

Ходовий час визначається за формулою:

$$t_p = S/(V_s \cdot 24) + t_{зп} ,$$

де V_s - швидкість судна;

S - довжина траси переходу, милі;

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

$$t_x = 2151,8/(16,0 \cdot 24) + 0,2 = 5,8 \text{ доби}$$

Нормативна тривалість стояночного часу розраховується за формулою:

$$t_{ст} = \frac{\sum Q_i}{M} ,$$

де Q_i – кількість контейнерів, шт;

M - валова норма вантажних робіт, шт/добу

$$t_{ст} = 2819/3000 = 0,9 \text{ доби}$$

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

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

Кількість ходових запасів складає суму:

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

де P_T^x , P_B^x , $P_{см}^x$ - відповідно кількість палива, води і мастила необхідна на перехід від порту навантаження до порту вивантаження з урахуванням коефіцієнта штормового запасу $k_{шт}$ (за рекомендацією судновласника приймемо 10%).

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

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

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

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

$$P^x_T = 200 \cdot 5,8 \cdot 1,1 = 1276 \text{ т}$$

$$P^x_B = 7 \cdot 5,8 \cdot 1,1 = 44,7 \text{ т}$$

$$P^x_{CM} = 0,37 \cdot 5,8 \cdot 1,1 = 2,4 \text{ т}$$

$$P^x_{зап} = 1276 + 44,7 + 2,4 = 1323,1 \text{ т}$$

Аналогічно знаходять кількість стояночних запасов:

$$P^{CT}_{зап} = P^{CT}_T + P^{CT}_B + P^{CT}_{CM};$$

$$P^{CT}_T = q^{CT}_T \cdot t_{CT};$$

$$P^{CT}_B = q^{CT}_B \cdot t_{CT};$$

$$P^{CT}_{CM} = q^{CT}_M \cdot t_{CT};$$

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

$$P^{CT}_T = 12,0 \cdot 0,9 = 10,8 \text{ т}$$

$$P^{CT}_B = 7 \cdot 0,9 = 6,3 \text{ т}$$

$$P^{CT}_{CM} = 0,05 \cdot 0,9 = 0,1 \text{ т}$$

$$P^{CT}_{зап} = 10,8 + 6,3 + 0,1 = 17,2 \text{ т}$$

$$P_{зап} = 1323,1 + 17,2 = 1340,3 \text{ т}$$

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

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

На відхід на судні було: важкого палива 2780,6 т; дизельного палива 195,5 т; води 220 т; мастила 269,9 т; інших запасів 41,6 т.

$$\text{Усього } P_{зап} = 3507,6 \text{ т}$$

А за рейс буде витрачено моторного палива 1160 т, мастила 2,1 т, води 40,6 т.

Розрахувавши загальну кількість рейсових запасів, приступають до визначення чистої вантажопідйомності судна (Δ_q) на рейс:

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

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

$$\Delta_{\text{ч}} = 80551 - (3507,6 + 475,9) = 76567,5 \text{ т}$$

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

3.4 Складання вантажного плану

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

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

3.5 Характеристика експлуатаційних умов рейсу

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

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

Порт відходу: Лісабон (Португалія)– (38°43'N 9°10'W). Густина води $\rho = 1,025 \text{ т/м}^3$.

В порту Лісабон діє літня вантажна марка.

Портові засоби та обладнання. На багатьох причалах порту є сучасні вантажно-розвантажувальні засоби та складські приміщення. До причалів підведені залізничні та шосейні шляхи.

Тут можна зробити ремонт корпусу і механізмів судна.

У порту можна придбати паливо, воду і продовольство.

Державні свята: 1 січня, 25 квітня, 1 травня, 10 червня, 13 червня (місцеве свято, Лісабон), 15 серпня, 5 жовтня, 1 листопада, 1, 8 та 25 грудня.

Час роботи: протягом 24 годин.

Документи:

Crew List – 6 шт

Stores List – 2 шт

Personal Effects Lists – 2 шт

International Declaration of Health – 1 шт

Bills of Lading for discharge cargo – 2 шт

Cargo Manifest for discharge cargo – 6 шт

Load Line Certificate – 1 шт

Safety Equipment Certificate – 1 шт

Safety Radio Certificate – 1 шт

Safety Construction Certificate – 1 шт

Safe Manning Certificate – 1 шт

Порт приходу: Олександрія (Єгипет) – (31°01'N 29°52'E). Густина води $\rho = 1,025^3$.

В порту Олександрія діє літня вантажна марка.

Олександрія розташована на північному узбережжі Єгипту, приблизно в 220 км від Каїра.

Порт доступний для суден довжиною 292 м, шириною 36,5 м, осадкою до 10,9 м.

У порту можна придбати паливо, воду і продовольство.

Верф Ель Олександрія може проводити капітальний ремонт корпусу та техніки.

Державні свята: Мультель-Набі, Шамель-Нессім, День визволення Синалу, День Революції, Байрам Рамадан, День збройних сил, Байрам Курбан, Новий рік Мухаммеда, День праці.

Час роботи: як правило, 08.00-16.00 год. Можлива понаднормова робота.

Документи на прихід:

Crew List – 12 шт

Store List/Crew Declaration - 2 шт кожного

Dangerous Cargo – 3 шт

Nil List – 3 шт

Vaccination List – 3 шт

Previous 10 ports of call with Departure dates – 3 шт

Ship Trading/Class Certificate

ISPS Compliance Certificate

Crew Seamans Books/Passports

Cargo Documents

Відстань між портами: $S = 2151,8$ миль.

РОЗДІЛ 4

ОЦІНКА МОРЕХІДНИХ ЯКОСТЕЙ СУДНА

4.1 Розрахунок водотоннажності й координат центра ваги судна

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

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

Таблица 4.1 – Розподіл запасів на відхід

Найменування цистерн	Місткість, т	Маса, т	Плечі, м		Моменти, тм	
			x	z	M _x	M _z
1	2	3	4	5	6	7
Моторне паливо $\rho = 0,99 \text{ т/м}^3$						
3 DBF.O.T(P)	272,8	165	60,96	0,81	10058	134
3 DBF.O.T(S)	272,8	165	60,96	0,80	10058	132
4 DBF.O.T(P)	434,5	344	28,94	0,81	9955	279
4 DBF.O.T(S)	434,5	350	28,94	0,81	10129	284
5 DBF.O.T(P)	434,5	300	-0,22	0,79	-66	237
5 DBF.O.T(S)	434,5	300	-0,22	0,79	-66	237
7 DBF.O.T(P)	426,7	290	-58,24	0,81	-16890	235
7 DBF.O.T(P)	426,7	290	-58,24	0,81	-16890	235
HFO.SETT(P)	292,9	281,2	-75,64	11,75	-21270	3304
HFO.SERV(P)	306,8	295,4	-74,64	10,67	-22049	3152
Всього моторного палива		2780,6			-37031	8229
Дизельне паливо $\rho = 0,90 \text{ т/м}^3$						
MDO.SERV(S)	139,1	101,2	-77,84	13,78	-7877	1395
MDO.SETT(S)	127,5	94,3	-87,04	14,19	-8208	1338
Всього дизельного палива		195,5			-16085	2733

Продовження табл.4.1

1	2	3	4	5	6	7
Мастило $\rho = 0,90 \text{ т/м}^3$						
M.LO.SUMP[C]	96,5	79,7	-94,90	1,17	-7564	93
M.LO.STOR(P)	122,4	91,2	-87,04	10,15	-7938	926
1CYLOST(S)	57,9	44,1	-75,47	8,58	-3328	378
2CYLOST(S)	55,2	41,5	-80,20	9,15	-3328	380
G/ELOSTOR(P)	20,6	9,3	-89,12	9,50	-829	88
G/ELOPURI(P)	7,7	4,1	-86,64	10,95	-355	45
Всього мастила		269,9			-23342	1910
Вода $\rho = 1,00 \text{ т/м}^3$						
F.W.T. (P)	201,9	110	-99,32	15,60	-10925	1716
D.W.T. (S)	201,9	110	-99,32	15,27	-10925	1680
Всього води		220			-21850	3396
Інші танки						
C.W. T.	41,6	41,6	-133,71	4,15	-5562	173
Всього		41,6			-5562	173
ВСЬОГО ЗАПАСІВ:		3507,6	-29,61	4,69	-103870	16441

Таблиця 4.2 – Розподіл запасів на прихід

Найменування цистерн	Місткість, т	Маса, т	Плечі, м		Моменти, тм	
			x	z	M _x	M _z
1	2	3	4	5	6	7
Моторне паливо $\rho = 0,99 \text{ т/м}^3$						
5 DBF.O.T(P)	434,5	232	-0,22	0,79	-51	183
5 DBF.O.T(S)	434,5	232	-0,22	0,79	-51	183
7 DBF.O.T(P)	426,7	290	-58,24	0,81	-16890	235
7 DBF.O.T(P)	426,7	290	-58,24	0,81	-16890	235
HFO.SETT(P)	292,9	281,2	-75,64	11,75	-21270	3304
HFO.SERV(P)	306,8	295,4	-74,64	10,67	-22049	3152
Всього моторного палива		1620,6			-77201	7292
Дизельне паливо $\rho = 0,90 \text{ т/м}^3$						
MDO.SERV(S)	139,1	101,2	-77,84	13,78	-7877	1395
MDO.SETT(S)	127,5	94,3	-87,04	14,19	-8208	1338
Всього дизельного палива		195,5			-16085	2733

Продовження табл.4.2

1	2	3	4	5	6	7
Мастило $\rho = 0,90 \text{ т/м}^3$						
M.LO.SUMP[C]	96,5	78,7	-94,90	1,17	-7469	92
M.LO.STOR(P)	122,4	91,2	-87,04	10,15	-7938	926
1CYLOST(S)	57,9	43,1	-75,47	8,58	-3253	370
2CYLOST(S)	55,2	41,4	-80,20	9,15	-3320	379
G/ELOSTOR(P)	20,6	9,3	-89,12	9,50	-829	88
G/ELOPURI(P)	7,7	4,1	-86,64	10,95	-355	45
Всього мастила		267,8			-23164	1900
Вода $\rho = 1,00 \text{ т/м}^3$						
F.W.T. (P)	201,9	89,7	-99,32	15,60	-8909	1399
D.W.T. (S)	201,9	89,7	-99,32	15,27	-8909	1370
Всього води		179,4			-17818	2769
Інші танки						
C.W. T.	41,6	41,6	-133,71	4,15	-5562	173
Всього		41,6			-5562	173
ВСЬОГО ЗАПАСІВ:		2304,9	-60,67	6,45	-139830	14867

Розподіл баласту приведено в табл.4.3.

Таблиця 4.3.– Розподіл баласту

Найменування цистерн	Міст- кість, т	Маса т	Плечі, м		Моменти, тм	
			x	z	M _x	M _z
NO.4 L. S. W. B. T. (P)	695,2	500	28,32	1,02	14160	510
NO.4 L. S. W. B. T. (S)	695,2	500	28,32	1,02	14160	510
NO.5 L. S. W. B. T. (P)	844,8	844,8	-0,29	1,89	-245	1597
NO.5 L. S. W. B. T. (S)	844,8	844,8	-0,29	1,89	-245	1597
NO.7F L. S. W. B. T. (P)	420,5	420,5	-50,56	0,90	-21260	378
NO.7F L. S. W. B. T. (S)	420,5	420,5	-50,56	0,90	-21260	378
ВСЬОГО БАЛАСТУ:		3530,6	-4,16	1,41	-14690	4970

Розподіл вантажів представлено в табл.4.4.

Таблиця 4.4– Розподіл вантажу

Розміщення вантажу	Кількість, од.	Маса, т	Плечі, м		Моменти, тм	
			x	z	M _x	M _z
1	2	3	4	5	6	7
В трюмах 20'						
Трюм 1	16	293,5	112,38	16,18	32984	4749
Трюм 2	14	252,4	86,22	13,26	21762	3347
Трюм 3	234	4161,1	51,92	14,27	216044	59379
Трюм 7	248	4385,9	-50,51	13,79	-221532	60482
Трюм 8	3	53,3	-105,99	11,02	-5649	587
На палубі 20'						
Трюм 2	32	559,1	95,55	29,65	53422	16577
Трюм 3	54	902,5	51,81	29,51	46759	26633
Трюм 4	82	1352,9	22,65	31,08	30643	42048
Трюм 5	96	1679,6	-1,04	31,11	-1747	52252
Всього 20'	779	13640,3			172686	266054
В трюмах 40'						
Трюм 1	50	1156,4	114,1	19,45	131945	22492
Трюм 2	142	3268,4	87,12	16,29	284743	53242
Трюм 3	100	2311,5	66,38	15,13	153437	34973
Трюм 4	244	5612,1	29,81	13,87	167297	77840
Трюм 5	248	5687,4	0,77	13,71	4379	77974
Трюм 6	248	5691,2	-28,39	13,72	-161573	78083
Трюм 7	112	2572,7	-64,84	14,65	-166814	37690
Трюм 8	190	4362,2	-114,53	18,91	-499603	82489
На палубі 40'						
Трюм 1	72	1731,2	116,88	30,85	202343	53408
Трюм 2	85	1678,9	85,83	31,18	144100	52348
Трюм 3	58	1334,4	63,47	13,08	84694	17454
Трюм 4	76	1795,5	34,31	32,03	61604	57510
Трюм 5	64	1465,6	2,6	32,33	3811	47383
Трюм 6	128	2931,2	-28,38	32,63	-83187	95645
Трюм 7	110	2315,5	-57,54	31,49	-133234	72915
Трюм 8	85	1355,2	-113,93	29,05	-154398	39369

Продовження табл.4.4

1	2	3	4	5	6	7
Корма	28	699,1	-142,96	27,17	-99943	18995
Всього 40'	2040	45968,5			-60399	919810
ВСЬОГО	2819	59608,8	1,88	19,89	112287	1185864

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

Аналогічним чином визначалася абсциса центру ваги контейнерів.

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

Таблиця 4.5 – Зведені дані і розрахунок водотоннажності на відхід

Найменування статей навантаження	На відхід				
	Маса, т	Плечі, м		Моменти, тм	
		x	z	M _x	M _z
Судно порожнє	27200	-23,59	14,94	-641648	406368
Константа	475,9	-24,459	22,814	-11640	10857
Суднові запаси	3507,6	-29,61	4,69	-103870	16441
Вантаж	59608,8	1,88	19,89	112287	1185864
Баласт	3530,6	-4,16	1,41	-14690	4970
ВСЬОГО ВОДОТОННАЖНІСТЬ	94322,9	-6,99	17,22	-659561	1624500

Таблиця 4.6 – Зведені дані і розрахунок водотоннажності на прихід

Найменування статей навантаження	На прихід				
	Маса, т	Плечі, м		Моменти, тм	
		x	z	M _x	M _z
1	2	3	4	5	6
Судно порожнє	27200	-23,59	14,94	-641648	406368

Продовження табл.4.6

1	2	3	4	5	6
Константа	475,9	-24,459	22,814	-11640	10857
Суднові запаси	2304,9	-60,67	6,45	-139830	14867
Вантаж	59608,8	1,88	19,89	112287	1185864
Баласт	3530,6	-4,16	1,41	-14690	4970
ВСЬОГО ВОДОТОННАЖНІСТЬ	93120,2	-7,47	17,43	-695521	1622926

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

4.2 Розрахунки посадки і початкової остійності

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

Таблиця 4.7 – Розрахунок посадки судна на відхід і на прихід

Найменування величин	Позначення та формули	Значення величин	
		Відхід	Прихід
Водотоннажність масова, т	D	94322,9	93120,2
Абсциса центра ваги судна, м	x_g	-6,99	-7,47
Водотоннажність об'ємна, м ³	$V = D / \rho$	92022	90849
Густина води, т/м ³	ρ	1,025	1,025
Осадка судна, м	T	12,73	12,56
Момент диферентуючий на 1 см, тм/см	M_{cm}	1750,1	1716,8
Абсциса центра плавучості судна, м	x_c	-6,52	-6,28
Абсциса Ц.В. площі ватерлінії, м	x_f	-2,65	-20,29
Апліката поперечного метацентра, м	z_m	19,18	19,18
Коефіцієнт загальної повноти	δ	0,62	0,618
Диферент судна, м	$d = D(x_g - x_c) / (100M_{cm})$	-0,25	-0,65
Осадка судна носом, м	$T_H = T + (L - x_f) d / L$	12,60	12,19
Осадка судна кормою, м	$T_K = T_H - d$	12,85	12,84

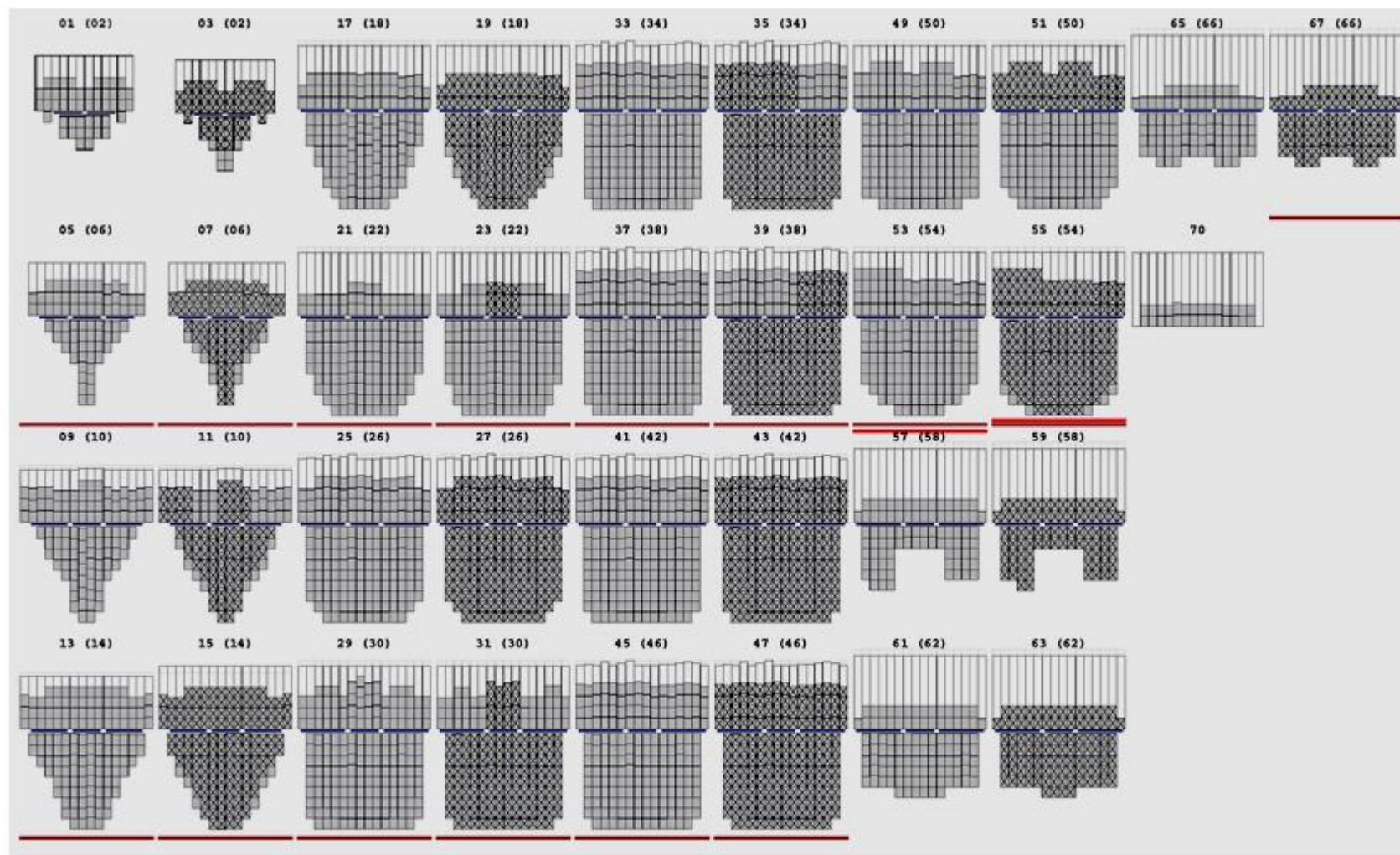


Рисунок 4.1 – Бей-план

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

Таблиця 4.8 - Поправки на вплив вільної поверхні рідких вантажів

Найменування цистерн	Δm_h , тм
3 DBF.O.T(P)	246
3 DBF.O.T(S)	246
4 DBF.O.T(P)	1090
4 DBF.O.T(S)	1090
5 DBF.O.T(P)	1090
5 DBF.O.T(S)	1090
7 DBF.O.T(P)	1090
7 DBF.O.T(S)	1090
NO.4 L. S. W. B. T. (P)	1846
NO.4 L. S. W. B. T. (S)	1846
Сума: $\Sigma \Delta m_h$	10724

Розрахунок параметрів початкової остійності виконаний в табл.4.9.

Таблиця 4.9 – Розрахунок параметрів початкової остійності

Найменування величин	Позначення та формули	Значення величин	
		Відхід	Прихід
1	2	3	4
Водотоннажність масова, т	D	94322,9	93120,2
Невиправлена апліката центра ваги судна, м	z_{g0}	17,22	17,43
Апліката поперечного метацентра, м	z_m	19,18	19,18
Невиправлена метацентрична висота, м	$h_0 = z_m - z_{g0}$	1,96	1,75

Виправлення на вільні поверхні, м	$\Delta h = \Sigma \Delta m_h / D$	0,11	0,12
-----------------------------------	------------------------------------	------	------

Продовження табл.4.9

1	2	3	4
Виправлена апліката центра ваги судна, м	$z_g = z_{g0} + \Delta h$	17,33	17,55
Виправлена метацентрична висота, м	$h = h_0 - \Delta h$	1,85	1,63

4.3 Контроль остійності за матеріалами Інформації

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

Таблиця 4.10– Перевірка остійності по критичній аплікаті центра ваги судна

Найменування величин	Позначення та формули	Значення величин	
		Відхід	Прихід
Водотоннажність масова, т	D	94322,9	93120,2
Виправлена апліката центра ваги судна, м	z_g	17,33	17,55
Максимальна гранична апліката центра ваги судна, м	$z_g^{\max}$	18,38	18,38

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

4.4 Розрахунок і побудова діаграм остійності

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

Плечі остійності форми l_ϕ вибираються по осадці для тих кутів крену, які приведені в таблиці. Ці плечі відлічуються від точки К, що відповідає кільовій лінії, то плечі остійності ваги необхідно розраховувати по формулі:

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

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

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

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

Таблиця 4.11 – Розрахунок плечей статичної остійності на відхід

Водотоннажність D, т							94322,90	
Апліката центра ваги судна z_{g0} , м							17,22	
Апліката умовного центра мас z_m , м (полюс – точка «O»)							0,00	
Виправлена апліката центра ваги судна, $z_g = z_{g0} + \Delta h$, м							17,33	
$\Delta\theta = 0,1745 \approx 10^\circ/57,3$								
Кут крену θ°	Плеche форми, l_ϕ , м	$\sin \theta^\circ$	$z_g \cdot \sin \theta^\circ$	Плеche статичної остійності $l = l_\phi - z_g \cdot \sin \theta^\circ$, м	Множ-ник	Добу-ток	Множ-ник	Добуток
0	0,00	0,000	0,000	0,000	1	0,000	1	0,000
10	3,336	0,174	3,015	0,321	4	1,284	3	0,963
20	6,616	0,342	5,927	0,689	2	1,378	3	2,067
30	9,803	0,500	8,665	1,138	4	4,552	1	1,138
40	12,612	0,643	11,143	1,469	1	1,469	Σ_{30}	4,168
50	14,510	0,766	13,275	1,235	Σ_{40}	8,683	$a_{0-30} = 3 \times 0,1745 \times 4,168 / 8 = 0,273$	
60	15,517	0,866	15,008	0,509	$a_{0-40} = 0,1745 \times 8,683 / 3 = 0,505$			
70	15,804	0,940	16,290	-0,486	$a_{30-40} = 0,505 - 0,273 = 0,232$			

Таблиця 4.12 – Розрахунок плечей статичної остійності на прихід

Водотоннажність D, т							93120,20	
Апліката центра ваги судна z_{g0} , м							17,43	
Апліката умовного центра мас z_m , м (полюс – точка «O»)							0,00	
Виправлена апліката центра ваги судна, $z_g = z_{g0} + \Delta h$, м							17,55	
$\Delta\theta = 0,1745 \approx 10^\circ/57,3$								
Кут крену θ°	Плече форми, l_ϕ , м	$\sin \theta^\circ$	$z_g \cdot \sin \theta^\circ$	Плече статичної остійності $l = l_\phi - z_g \cdot \sin \theta^\circ$, м	Множник	Добуток	Множник	Добуток
0	0,00	0,000	0,000	0,000	1	0,000	1	0,000
10	3,335	0,174	3,054	0,281	4	1,124	3	0,843
20	6,617	0,342	6,002	0,615	2	1,230	3	1,845
30	9,803	0,500	8,775	1,028	4	4,112	1	1,028
40	12,623	0,643	11,285	1,338	1	1,338	Σ_{30}	3,716
50	14,535	0,766	13,443	1,092	Σ_{40}	7,804	$a_{0-30} = 3 \times 0,1745 \times 3,716 / 8 = 0,243$	
60	15,550	0,866	15,198	0,352	$a_{0-40} = 0,1745 \times 7,804 / 3 = 0,454$			
70	15,838	0,940	16,497	-0,659	$a_{30-40} = 0,454 - 0,243 = 0,211$			

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

4.5 Розрахунки нормованих параметрів остійності

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

Розрахунок нормованих параметрів остійності виконаний у табл. 4.13.

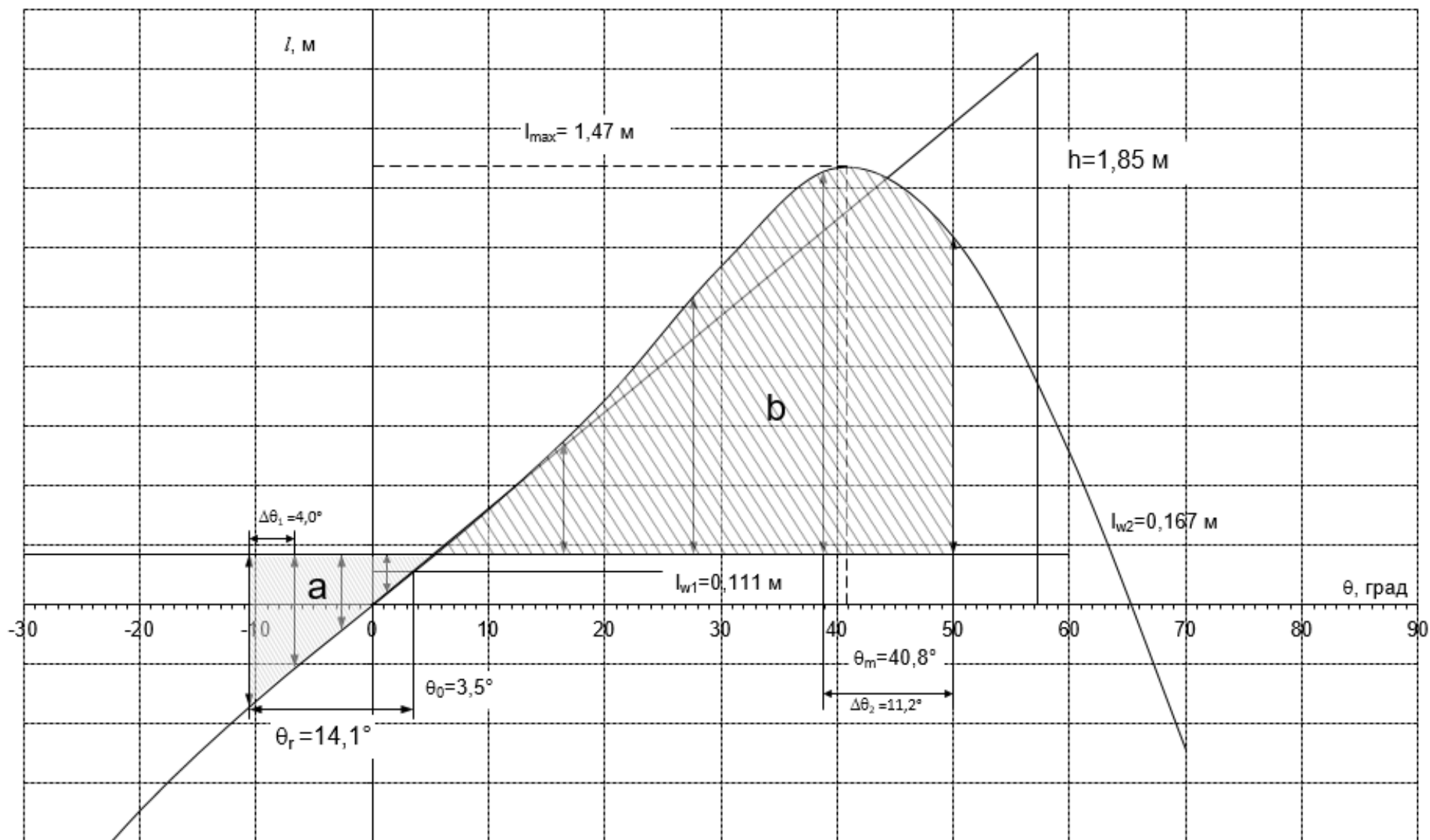


Рисунок 4.2 - Діаграма статичної остійності на відхід і визначення критерію погоди

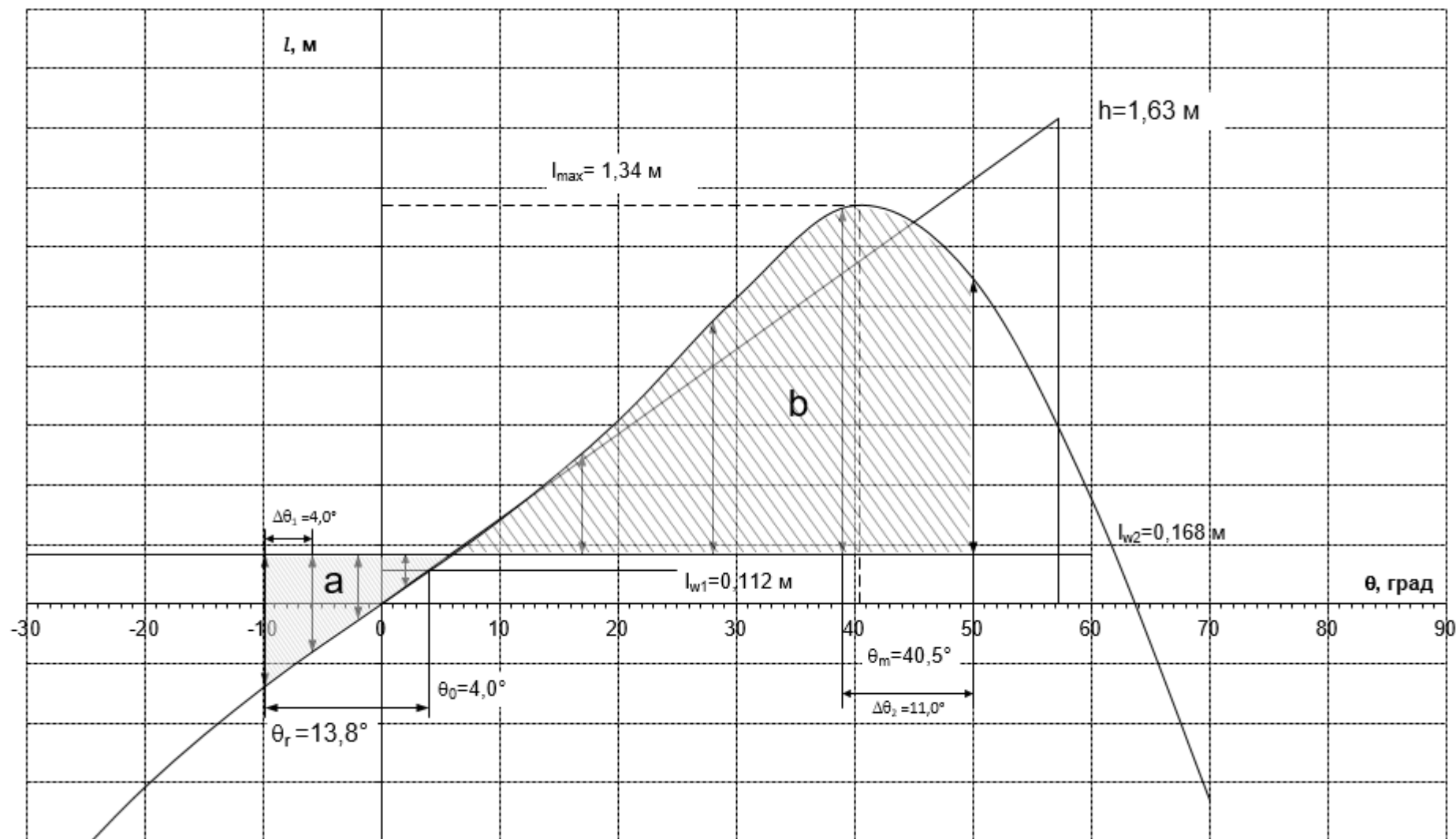


Рисунок 4.3 - Діаграма статичної остійності на прихід і визначення критерію погоди

Таблиця 4.13 – Розрахунок нормованих параметрів остійності

Найменування величин	Позначення та формули	Значення величин	
		Відхід	Прихід
Водотоннажність масова, т	D	94322,9	93120,2
Осадка судна, м	T	12,73	12,56
Виправлена метацентрична висота, м	h	1,85	1,63
Плече кренувального моменту від тиску вітру, м	l_{w1} (З Інформації)	0,111	0,112
Кренувальне плече від пориву вітру, м	$l_{w2} = 1,5 l_{w1}$	0,167	0,168
Відносна площа скулових кілей, %	$100 A_K / (L B)$	1,98	
Коефіцієнт	k	0,833	
Відносна ширина	B/T	3,14	3,18
Безрозмірний множник	X_1	0,872	0,864
Коефіцієнт загальної повноти	δ	0,620	0,618
Безрозмірний множник	X_2	0,958	0,957
Інерційний коефіцієнт	$c=0,373+0,023B/T-0,043L/100$	0,323	0,324
Період хитавиці, с	$T_\theta = 2 c B / \sqrt{h}$	19,0	20,3
Коефіцієнт	S	0,0365	0,0350
Коефіцієнт	$r = 0,73 + 0,6 (z_g - T) / T$	0,947	0,968
Амплітуда хитавиці, °	$\theta_r = 109 k X_1 X_2 \sqrt{r S}$	14,1	13,8
Кут заливання, °	θ_f	>50	>50
Кут входу палуби у воду, °	$\theta_d = \arctg(2(H - T) / B)$	29,8	30,2
Кут крену від постійного вітру, °	θ_0	3,4	3,9
Кут крену при хитавиці назустріч вітру, °	$\theta_1 = \theta_r - \theta_0$	10,7	9,9
Границя площ. “b” діаграми праворуч, °	θ_b	50	50
Площа “a” діаграми, м-рад	a	0,070	0,061
Площа “b” діаграми, м-рад	b	0,619	0,543
Критерій погоди	$K = b / a$	8,84	8,90

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

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

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

$\Delta\theta_1 = (\theta_1 + 1,5\theta_0)/4 = (10,7 + 1,5 \cdot 3,4)/4 = 3,98^\circ$			$\Delta\theta_1^{\text{рад}} = 3,98^\circ/57,3 = 0,0694$ рад		
$\Delta\theta_2 = (\theta_b - 1,5\theta_0)/4 = (50 - 1,5 \cdot 3,4)/4 = 11,2^\circ$			$\Delta\theta_2^{\text{рад}} = 11,2^\circ/57,3 = 0,1955$ рад		
a_i	k_i	$a_i \cdot k_i$	b_i	k_i	$b_i \cdot k_i$
$a_1 = 0,507$	1	0,507	$b_1 = 0$	1	0
$a_2 = 0,377$	4	1,508	$b_2 = 0,383$	4	1,532
$a_3 = 0,250$	2	0,500	$b_3 = 0,870$	2	1,740
$a_4 = 0,125$	4	0,500	$b_4 = 1,290$	4	5,160
$a_5 = 0$	1	0	$b_5 = 1,068$	1	1,068
		$\Sigma_a = 3,015$			$\Sigma_b = 9,500$
$a = \frac{1}{3} \Sigma_a \cdot \Delta\theta_1^{\text{рад}} = \frac{1}{3} 3,015 \times 0,0694 = 0,070$			$b = \frac{1}{3} \Sigma_b \cdot \Delta\theta_2^{\text{рад}} = \frac{1}{3} 9,500 \times 0,1955 = 0,619$		

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

$\Delta\theta_1 = (\theta_1 + 1,5\theta_0)/4 = (9,9 + 1,5 \cdot 3,9)/4 = 3,95^\circ$			$\Delta\theta_1^{\text{рад}} = 3,95^\circ/57,3 = 0,0689$ рад		
$\Delta\theta_2 = (\theta_b - 1,5\theta_0)/4 = (50 - 1,5 \cdot 3,9)/4 = 11,0^\circ$			$\Delta\theta_2^{\text{рад}} = 11,0^\circ/57,3 = 0,192$ рад		
a_i	k_i	$a_i \cdot k_i$	b_i	k_i	$b_i \cdot k_i$
$a_1 = 0,443$	1	0,443	$b_1 = 0$	1	0
$a_2 = 0,328$	4	1,312	$b_2 = 0,337$	4	1,348
$a_3 = 0,220$	2	0,440	$b_3 = 0,782$	2	1,564
$a_4 = 0,110$	4	0,440	$b_4 = 1,162$	4	4,648
$a_5 = 0$	1	0	$b_5 = 0,924$	1	0,924
		$\Sigma_a = 2,635$			$\Sigma_b = 8,484$
$a = \frac{1}{3} \Sigma_a \cdot \Delta\theta_1^{\text{рад}} = \frac{1}{3} 2,635 \times 0,0689 = 0,061$			$b = \frac{1}{3} \Sigma_b \cdot \Delta\theta_2^{\text{рад}} = \frac{1}{3} 8,484 \times 0,192 = 0,543$		

4.6 Перевірка виконання рекомендованих ІМО критеріїв остійності

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

Таблиця 4.16 – Перевірка виконання рекомендацій ІМО

Найменування величин	Позна-чення	Значення величин			Викон. (YES/NO)
		норма-тивні	відхід	прихід	
Загальні вимоги:					
Площа під ДСО до кута крену 30 ⁰ , м·рад	A ₃₀	≥ 0,055	0,273	0,243	YES
Площа під ДСО до кута крену 40 ⁰ , м·рад	A ₄₀	≥ 0,09	0,505	0,454	YES
Площа під ДСО між 30 ° і 40 °, м рад	A ₃₀₋₄₀	≥ 0,03	0,232	0,211	YES
Плече ДСО при куті крену 30° або більше, м	l ₃₀	≥ 0,20	1,138	1,028	YES
Кут крену, що відповідає максимуму ДСО, °	θ _m	≥ 25	40,8	40,5	YES
Виправлена метацентрична висота, м	h	> 0,15	1,85	1,63	YES
Критерій погоди	K	≥ 1	8,84	8,90	YES
Кут крену від постійного вітру, °	θ ₀	≤ 16	3,5	4,0	YES

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

4.7 Перевірка загальної подовжньої міцності корпусу

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

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

Розрахунок міцності виконаємо використовуючи судову програму, схвалену класифікаційним товариством.

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

Таблиця 4.16. – Перевірка подовжньої міцності на відхід

Пере-різ	X, м	SF, т	SFsea, %	Доп.SF, т	BM, тм	BMsea, %	Доп.BM, тм
14	11,20	1476	58,3	2530	11976	48,3	24770
18	14,40	1940	60	3232	17426	51	34200
33	25,78	2911	59,6	4882	45543	53,3	85450
52	40,36	3287	56,9	5780	91309	55,3	165050
68	52,96	4137	55,9	7402	138652	58,2	238410
93	72,96	2705	36,5	7407	206960	57,1	362420
98	87,46	1535	27,7	5538	235068	56,6	415180
103	102,04	2186	54,7	3998	259301	57,6	450250
108	116,62	982	24,6	4000	278728	62	449820
113	131,20	174	4,4	3972	286457	63,7	449940
118	145,78	-1069	26,7	-3999	275813	66,8	412740
123	160,36	-1802	40,2	-4484	253922	65,4	388460
128	174,94	-2298	40,8	-5629	218815	63,6	344130
133	189,52	-2521	46,9	-5376	181275	62,8	288770
138	204,10	-1722	30,8	-5595	142043	63,3	224530
143	218,68	-2538	50,8	-4997	106651	62,5	170550
148	233,36	-2503	55,6	-4498	65808	60,8	108180
153	247,84	-1619	46,2	-3501	33963	54,2	62670
158	262,42	-912	50,9	-1790	12259	40,4	30330
165	278,22	-131	13,1	-1001	3506	33,5	10460

Максимальна перерізуюча сила 4137 (55,9%) на 68 шпангоуті.

Максимальний згинальний момент 286457 (63,7%) на 113 шпангоуті.

На рис.4.4. представлена епюра міцності на відхід.

Протягом всього рейсу загальна подовжня міцність забезпечена.

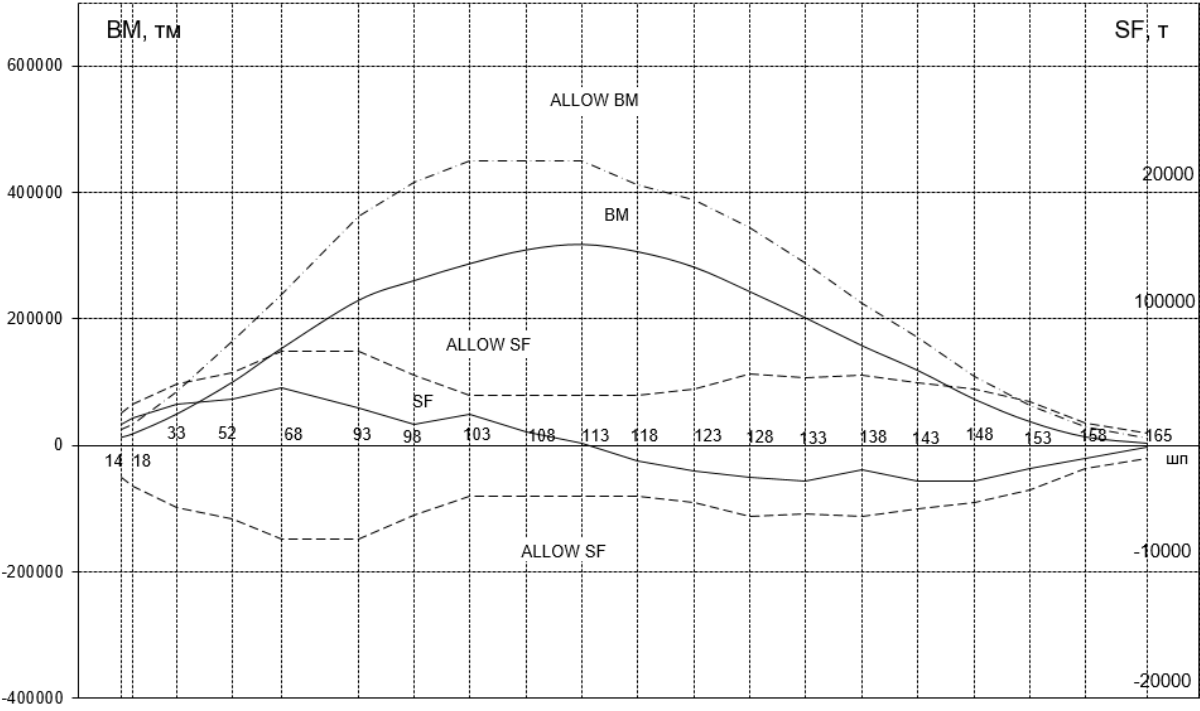


Рисунок 4.4 - Епюра перерізуючих сил і згинальних моментів

РОЗДІЛ 5

ІНТЕГРОВАНІ МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ПАЛИВНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ СУДЕН: ОПТИМІЗАЦІЯ ПОСАДКИ ТА МОДЕРНІЗАЦІЯ ОБВОДІВ НОСОВОЇ ЧАСТИНИ

5.1 Огляд проблеми

Модернізація обводів існуючих суден традиційно проводилася досить рідко, як правило, у зв'язку із загальним переобладнанням судна і зміною його функціонального призначення або експлуатаційного режиму. В останні роки у зв'язку із кризисними явищами у світової економіці багато компаній-перевізників застосувало стратегію «Slow steaming», у рамках якої почали пошук різноманітних методів та можливостей зниження витрати палива.

«Slow steaming» – це стратегія всебічного зниження витрат пального на судах. Найперший застосований принцип полягає у експлуатації суден лише при половині номінальної потужності машинної установки. При цьому відбувається певне зниження експлуатаційної швидкості, але вираш у потужності і паливній ефективності, вочевидь, є дуже значним завдяки степеневій залежності між потужністю та швидкістю. З іншого боку, мінімальна експлуатаційна потужність на судах з головними двигунами Дизеля, кількість яких складає найбільшу частку у світовому торговельному флоті, зазвичай обмежена саме 50% номінальної потужності.

При подальшому впровадженні стратегії з'явилося розуміння необхідності пристосування пропульсивного комплексу судна до нового експлуатаційного режиму, який суттєво відрізняється від проектного. Серед шляхів такого пристосування можуть розглядатися: заміна гребних гвинтів, модернізація обводів корпусу або хоча б спеціальна оптимізація диференту.

Оптимізація диференту для зниження опору руху судна – один з цікавих важелів, що може забезпечити значну економію при зовсім невеликих початкових інвестиціях. За оцінками експертів, чиста економія від 1% до 2% світового споживання пального може бути досягнута зовсім без додаткових інвестицій.

Серйозний підхід до оптимізації посадки передбачає застосування результатів спеціальних модельних експериментів по визначенню впливу диференту на буксирувальний опір судна або відповідних досліджень методами чисельної гідродинаміки [24]. Дослідження суден різних типів показує, що у деяких випадках зниження витрат пального завдяки зміні посадки сягає 15%, але в середньому воно становить 2-3%.

Реалізація досліджених можливостей по зниженню витрат пального у практиці експлуатації потребує спеціальних судових програмних комплексів [25], що допомагають екіпажу визначити найбільш вигідну у даному рейсі посадку та ефективний шлях її досягнення (рис. 5.1). Хоча на сучасних судах нескладно створити необхідний відносно невеликий диферент, важливо, щоб він був створений з прийомом мінімального додаткового баласту, або навіть без нього – завдяки заздалегідь складеному вантажному плану та розташуванню запасів.

Зниження витрат пального має не тільки економічний ефект, але й значно сприяє збереженню навколишнього середовища. Тому проблема оптимізації посадки судна звернула на себе увагу міжнародних морських організацій, зокрема ІМО [26]. Об'єктивні дослідження ІМО показали, що позитивний ефект від оптимізації посадки проявляється в основному при часткових навантаженнях суден, коли порушується проектний режим руху судна. Також важливими причинами є свідомий вибір диференту на корму для покращення керованості згідно з традиційною «доброю морською практикою» та зазначені вище зміни експлуатаційної швидкості згідно до концепції «Slow steaming».

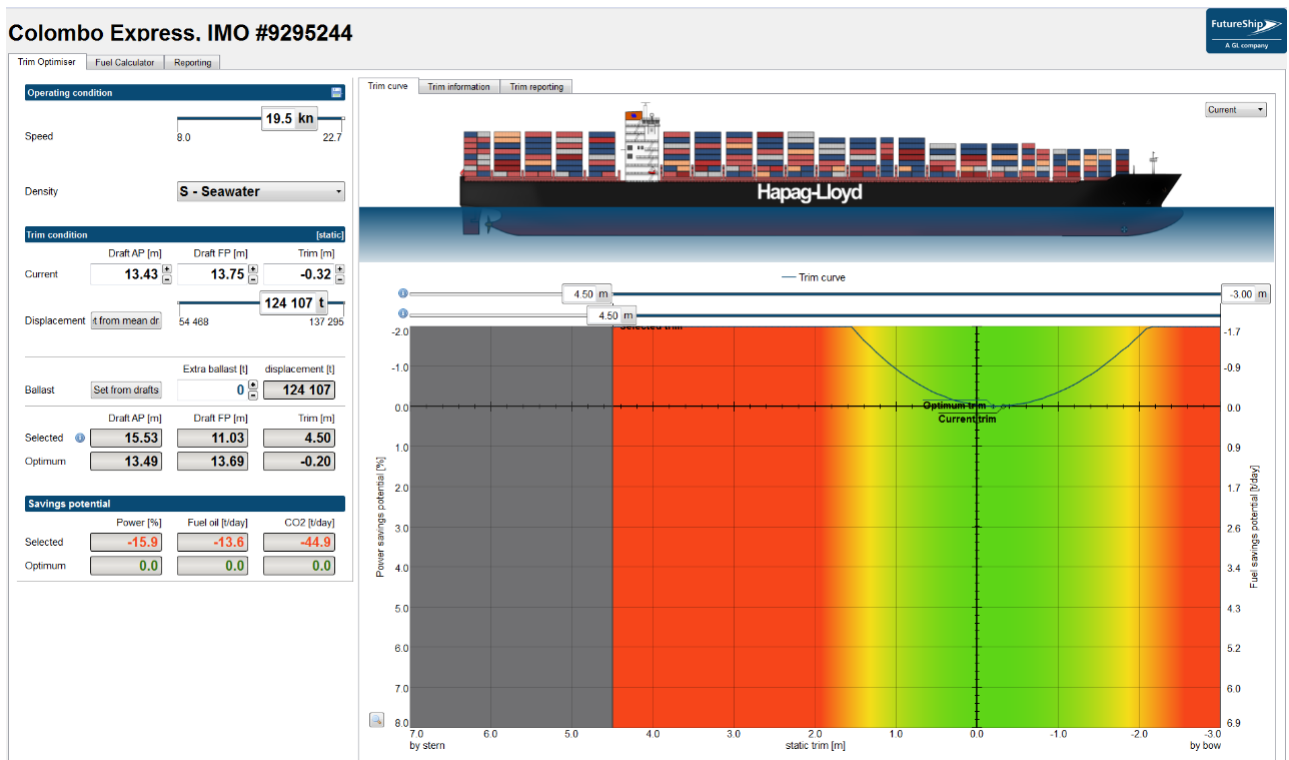


Рисунок 5.1 – Інтерфейс судового комплексу оптимізації посадки Hapag-Lloyd

Більш складним засобом пристосування пропульсивного комплексу судна до нового експлуатаційного режиму є модернізація обводів корпусу. Хоча в цілому модернізація обводів корпусу навряд чи доцільна (через технологічні складнощі та високу вартість

простіше реалізувати необхідні обводи на новому судні), носові обводи, зокрема, носовий бульб, можуть бути відносно легко модернізовані на існуючому судні.

Сьогодні носовий бульб – це нормальна частина сучасних морських вантажних суден. Порівняльні експерименти з моделями показують, що судно, оснащене носовим бульбом, може вимагати набагато меншої потужності двигунів і має значно кращі характеристики опору, ніж те саме судно без носового бульба [27, 28].

Носовий бульб було виявлено, а не винайдено [29]. До 1900 року випробування буксирування військових кораблів у США встановили, що носовий таран, що виступає нижче ватерлінії, знижував опір. Модель торпедного катеру показала, що підводний торпедний апарат, що закінчується на передньому штоку, також знизив опір. Носовий бульб вперше був використаний в 1912 році військово-морським флотом США за мотивами дизайну Девіда Тейлора. Лише в 1929 році бульбом були обладнані перші цивільні судна. Це були пасажирські судна «Бремен» та «Європа», що належали бременській компанії Norddeutscher Lloyd. Більш широке застосування у вантажоперевезенні відбулося до 50-х років. Перший бульб для танкерів, винайдений проф. Шнееклютом, був встановлений в 1957 році.

Сьогодні переважають форми бульбу, що різко звужуються внизу, оскільки вони зменшують смемінг. Нижні ватерлінії також різко звужуються, так що для судна в баласті бульб має такий же ефект, що і звичайний подовжений ніс (рис. 5.2). Це дозволяє уникнути додаткового опору та утворення бризок, створених частково зануреним бульбом. Бульби з круглими перерізами надають перевагу там, де потрібна проста технологія будівництва, але можливі небезпечні наслідки слемінгу. Оптимальне відношення форми переднього перерізу до бульба у цілому зазвичай визначається методом спроб та помилок у комп'ютерному моделюванні.

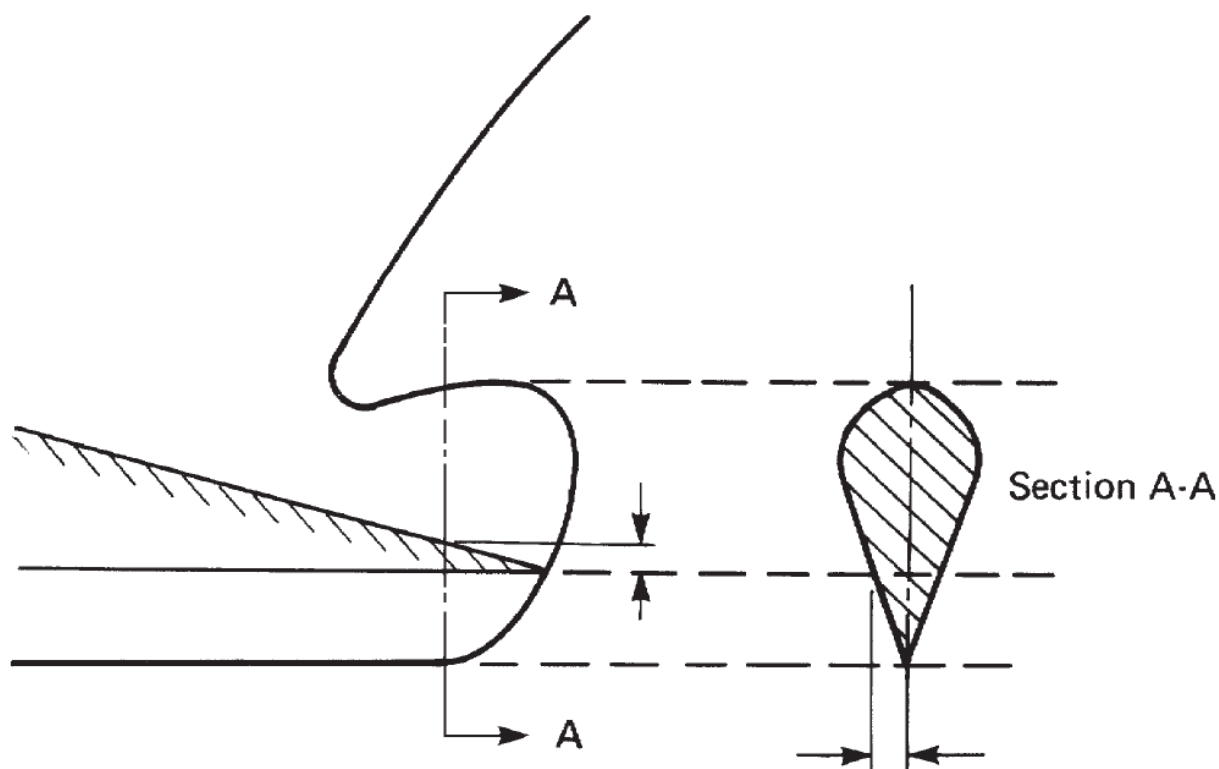


Рисунок 5.2 – Форма носового бульбу

Сучасні бульби, що мають форму клину вниз та виступають за перпендикуляр, геометрично особливо добре підходять до V-подібних форм шпангоутів. Циліндричні бульби, що виступають за перпендикуляр, і бульби Тейлора, що не виступають, легко поєднуються з U-подібними формами шпангоутів. Чи призводять ці комбінації, придатні за формою, також до мінімальних вимог до потужності, ще не з'ясовано.

Часто необхідно зменшити опір, викликаний верхньою стороною бульбів, які виступають над ватерлінією, створюючи сильну турбулентність. Метою має бути ефект плавника, коли верхня поверхня бульбу збігається вниз до перпендикуляра. Носовий бульб, що виступає над ватерлінією, зазвичай має значно більший вплив на вимоги до пропульсивної потужності, ніж занурений. Якщо бульб виступає над рівнем ватерлінії, органи влади можуть передбачити, що носовий перпендикуляр слід вважати точкою перетину контуру бульбу з ватерлінією. На відміну від добре занурених бульбів, цей тип форми бульбу може таким чином збільшити розрахункову довжину судна і вплинути на його класифікацію (рис. 5.3). Що стосується висоти бульбу, то при застосуванні правил про надводний борт довжина вимірюється на 85% висоти борту. Отже, навіть бульб, що лише наближається до ватерлінії, все одно може спричинити збільшення розрахункової довжини для суден з низькими палубами надводного борту, наприклад, для суден з шельтердеком (рис. 5.4).

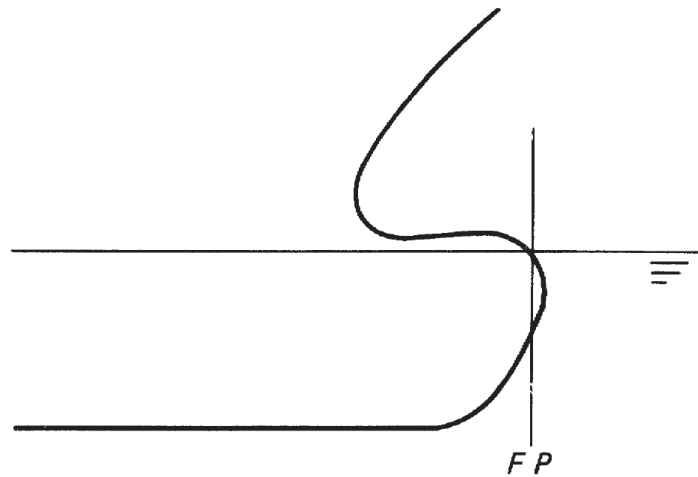


Рисунок 5.3 – Можливе положення носового перпендикуляра з бульбом

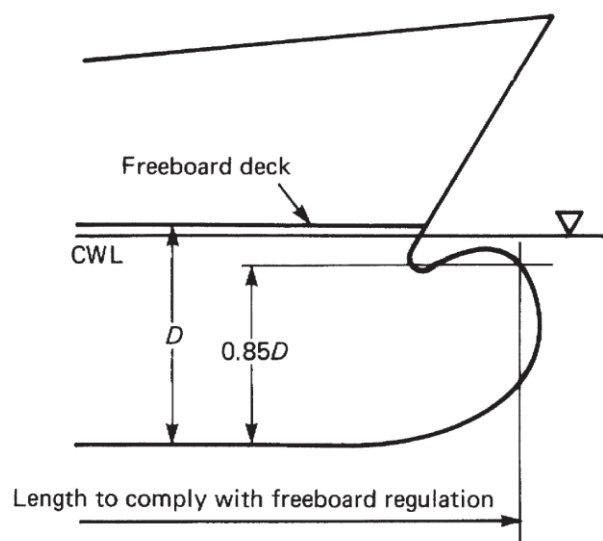


Рисунок 5.4 – Вплив бульбу на розрахункову довжину судна з шельтердеком

Довжина, що виступає за носовий перпендикуляр, залежить від форми бульба та числа Фруда. З міркувань безпеки носовий бульб ніколи не повинен виступати поздовжньо за верхній кінець форштевню: $20\%B$ – сприятливий розмір для довжини виступу. Збільшення цього розміру покращує опір лише незначно. Сьогодні бульби рідко конструюються без виступу. Якщо проміжок ватерлінії заповнений, наприклад, шляхом створення прямої лінії форштевню, що йде від переднього краю бульба до верхнього краю форштевню, опір зазвичай може бути значно знижений. Однак цей метод майже не застосовується.

У звичайному порівнянні традиційного носу з похилим форштевнем та носу з бульбом, альтернативний розгляд та порівняльні експерименти з моделями зазвичай передбачають постійну довжину ватерлінії.

Зниження опору може стосуватися опору форми або повного опору. Зважаючи на досить велику різницю гідродинамічної довжини базових суден з носовими бульбами і без

них, оцінки економії енергії за рахунок сучасного носового бульбу значно менш надійні, ніж для попередніх форм бульбів, які не виступали за носовий перпендикуляр. Бульб може зменшити опір в діапазоні $0,17 \leq Fr \leq 0,7$. Раніше бульби, які не виступали за носовий перпендикуляр, знижали опір у кращому випадку приблизно на 6%. Сучасні бульби часто знижують опір більш ніж на 20%. Тоді як вище $Fr = 0,23$ головний ефект бульбу полягає в зміщенні носової хвилі вперед, об'ємні бульби і відносно короткі довжини хвильоутворення повільних суден також можуть сприяти зміщенню водотоннажності вперед від зони носового плеча. Таким чином, об'єм бульбу можна використовувати для відносного переміщення носового плеча вперед, так, щоб довжина носового загострення наближалася до довжини хвилі (рис. 5.5). Ще один спосіб зменшити опір – зменшити диферент на корму.

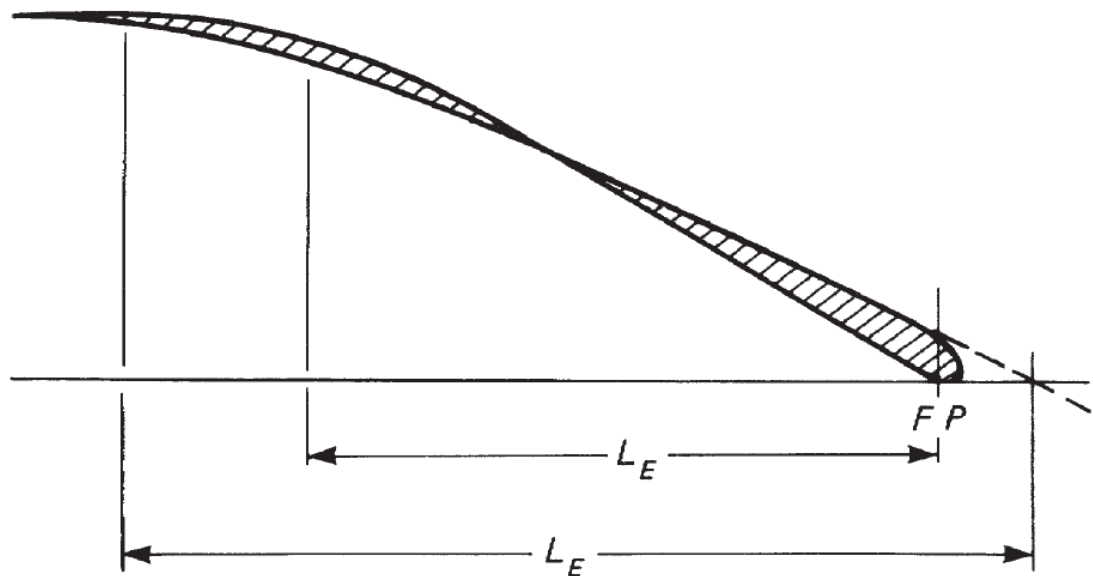


Рисунок 5.5 – Можливість збільшити довжину носового загострення завдяки носовому бульбу

Вплив носового бульба може поширюватися на декілька областей проектування, конструювання, будівництва та експлуатації судна, наприклад:

- опір руху, включаючи характеристики при різних посадках;
- опір в умовах хвилювання та вітру;
- характеристики морехідності;
- пропульсивні характеристики;
- характеристики керованості та маневреності;
- носові підрулюючі пристрої: можливості розміщення, ефективність, додатковий опір;
- посадка судна;

- конструкція, вартість виготовлення та встановлення носової секції;
- величина надводного борту;
- якірний пристрій та умови його роботи у сенсі небезпеки пошкодження бульбу якорем;
- розміщення гідролокаторів на риболовних та науково-дослідницьких суднах;
- габаритна довжина судна, що впливає на умови доковання та шлюзування;
- плавання в льодових умовах.

Певна здатність до розбивання льоду з бульбом може бути досягнута, якщо положення верхньої сторони бульба дозволить їй підняти крижаний лист. Для роботи у льоду середньої товщини носовий бульб має більші переваги, ніж звичайний і навіть криголамний ніс, оскільки він перевертає зламані шматки так, щоб їх вологі сторони ковзали по корпусу, тим самим спричиняючи менший знос зовнішньої обшивки та менший опір. Максимальна товщина, яку може зламати ніс з бульбом, менша, ніж для спеціальних криголамних форм.

З точки зору морехідності, носові бульби збільшують демпфірування кильової хитавиці, особливо якщо це було передбачено на етапі проекту. Амортизація особливо виражена в області резонансу, коли довжина хвилі приблизно відповідає довжині судна. Існує навіть деяке затухання для коротших довжин хвиль. Для довжин хвиль, що перевищують $1,3 - 1,5$ довжини, судна з бульбами відчують збільшення амплітуди хитавиці. Однак амплітуда хитавиці в цьому діапазоні невелика по відношенню до висоти хвилі.

Бульб може забезпечити можливість працювати без зниження швидкості у важких погодних умовах. Бульби з гострим кілем можуть протистояти ефекту слемінгу у більш суворих умовах, ніж звичайні бульби. Якщо бульбовий ніс має плоску верхню поверхню, вода, що вражає бульб, може спричинити ушкодження.

Носові бульби підвищують додатковий опір завдяки хвилям, незважаючи на більш плавну хитавицю у важких погодних умовах. Це аналогічно ефекту скулового кіля. Енергію демпфування потрібно брати з силової установки. Для довжин хвиль, менших ніж $0,9L$, частота кильової хитавиці судна є дорезонансною. Тоді бульб може зменшити додатковий опір.

Різниця у необхідній потужності з носовим бульбом на відміну від традиційної форми носової частини може бути віднесена до наступного.

Зміна опору тиску за рахунок ефекту витіснення бульбу та ефекту плавника. Бульб має верхню частину, яка діє як плавник. Ця дія використовується для того, щоб додати потоку у напрямку корми низхідну складову, тим самим зменшуючи носову хвилю. Якщо верхня сторона бульбу піднімається до форштевню, однак, ефект плавника зменшує цю

перевагу у опорі. Оскільки ефекту плавника навряд чи можна уникнути, слід подбати про те, щоб ефект діяв у правильному напрямку. Дивно, але цей метод зменшення опору використовується дуже мало.

З бульбом або без нього близь носової частини можуть утворюватися бризки. За допомогою відповідної форми носу (наприклад, з різко звуженими ватерлініями та крутими шпангоутами) розпилення можна зменшити або повністю усунути.

Збільшена площа змоченої поверхні збільшує опір тертя. На низьких швидкостях це збільшення зазвичай більше, ніж зниження опору, викликане іншими факторами.

У носовій частині створюється вихор, бо бічне прискорення води в області ватерлінії більше, ніж нижче. Відрив вихорів іноді спостерігається на скулі в області носового плеча. Носовий бульб можна використовувати для зміни цих вихорів. Це може зменшити втрати енергії внаслідок цих вихорів і вплинути також на ступінь відновлення енергії гвинтом.

У порівняльних експериментах на моделях з бульбами і без них бульбові носи показують, як правило, кращі пропульсивні характеристики. Очевидне пояснення, тобто те, що оскільки опір нижчий, ефективнішим є і нижчий коефіцієнт тяги, що призводить до підвищення ефективності гвинта в вантажоперевезеннях, є правильним, але недостатнім. Навіть при швидкостях, при яких опори рівні, а коефіцієнти навантаження на гребний гвинт приблизно подібні, зазвичай носовий бульб дає поліпшення на декілька відсотків. У порівняльних експериментах було також визначено більші ефективні попутні потоки на судах з носовими бульбами.

Нерідко спеціалісти займаються носовими бульбами майже виключно з гідродинамічної точки зору, ігноруючи загальні економічні міркування. Економію енергії завдяки бульбу слід розглядати у поєднанні з мінливістю осадки та умовами моря. Капітальні витрати слід враховувати також. Тоді загальні витрати порівнюються з витратами на еквівалентне судно без носового бульбу. Такі методи аналізу ще не існують. Наступний підхід може бути використаний при більш детальному вивченні відповідних областей застосування бульбових обводів.

Більшість процедур, що застосовуються для визначення опору судна, ґрунтуються на формах без носового бульбу. Деякі допускають старий тип бульбу, коли він був добре зануреним і не виступав за межі перпендикуляру. Порівняння між суднами з бульбом і без нього зазвичай передбачає ватерлінії однакової довжини, як це відбувається при розгляді альтернатив або проведенні порівняльних експериментів з моделями. Звичайний метод обчислення опору сучасного судна з бульбом – це взяти судно без бульбу, а потім зробити поправку на опір. Деякі методи включають цю корекцію, інші покладаються на збір

зовнішніх даних для виконання виправлення. Зміна опору судна, викликана бульбом, залежить як від форми та розміру бульбу, так і від форми та швидкості руху судна.

Одним із способів встановлення впливу сучасних бульбів на опір є використання «обчисленої по потужності довжини» в обчисленні замість L_{PP} або L_{WL} . «Еквівалентна довжина» - це довжина судна без бульбу такої ж водотоннажності і з таким же опором, що і судно з бульбом. Еквівалентна довжина – це функція форми бульбу, розміру бульбу, числа Фруда та коефіцієнта загальної повноти. Якщо форма бульбу вважається особливо хорошою і бульб має нормальний розмір, щоб забезпечити сумісність з іншими бажаними характеристиками, отримана еквівалентна довжина буде коливатися лише трохи більше L_{PP} для малих чисел Фруда до L_{PP} плюс три довжини бульбу для $Fr > 0,3$. Еквівалентна довжина звичайних вантажних суден з числами Фруда нижче $Fr \approx 0,26$ коротша за гідродинамічну довжину, тобто коротша за L_{PP} , збільшену на виступаючу частину бульбу (рис. 5.6).

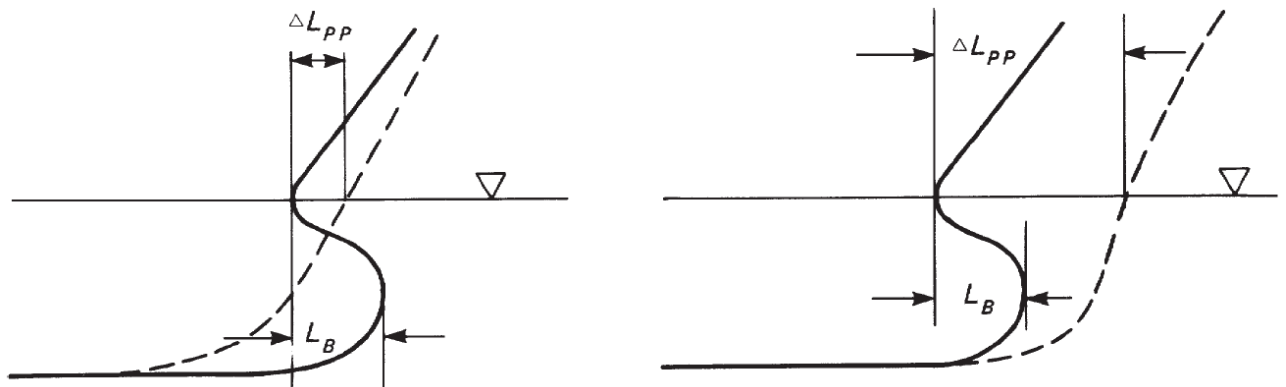


Рисунок 5.6 – Еквівалентна по потужності довжина: зліва для $Fr = 0,22-0,25$;
з права для $Fr = 0,30-0,33$

Є також довжина судна без носового бульбу, яка веде до такої самої маси корпусу, що і судно рівної водотоннажності з бульбом – рис. 5.7.

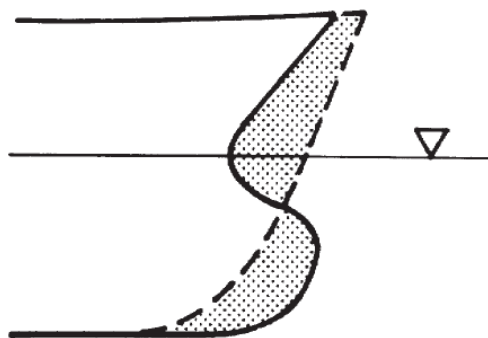


Рисунок 5.7 – Еквівалентна довжина за масою металу корпусу

Через дуже інтенсивний вплив носового бульба на опір руху судна у деяких випадках можливо отримати значну частку корисного ефекту від зміни носових обводів шляхом заміни лише невеличкої частини поверхні корпусу (фактично самого носового бульба), а корпус у цілому залишити без змін [30-33]. Хоча зниження опору при такій модернізації обводів може бути у тій чи іншій мірі пов'язано з усуненням помилок проектування або вдосконаленням обводів у відповідності до нових наукових розробок, у загальному випадку корисний ефект слід очікувати завдяки суттєвій зміні експлуатаційної швидкості та потужності, наприклад, у відповідності до концепції «Slow steaming».

Таблиця 5.1 — Ключові фактори, що обумовлюють актуальність оптимізації посадки

Фактор	Зміст впливу на ефективність	Коментар
Зміна експлуатаційної швидкості	Перехід на режими нижче проектних підвищує опір	Характерно для <i>slow steaming</i>
Обмеження мінімальної потужності ДВЗ	Неможливість працювати нижче 50% МСО	Вимагає перебудови режимів експлуатації
Відсутність оптимального диференту	Нерівномірність опору та хибна робота бульба	Дас втрати 2–15% пального
Недостатня інформаційна підтримка екіпажу	Відсутність даних про ефективний диферент у рейсі	Потребує судових програмних систем

5.2 Аналіз сучасного стану дослідження проблеми

Позитивний вплив спеціально відрегульованого диференту на паливну ефективність повинен супроводжуватися збереженням основних морехідних якостей судна та його техніко-експлуатаційних характеристик. Оптимізація витрат пального не повинна ставити під загрозу безпеку судна, екіпажу та вантажу. Крім того, необхідно враховувати взаємний вплив різних морехідних якостей та оцінювати величину корисного ефекту і його стабільність у реальних умовах експлуатації, зокрема, в умовах морського вітру та хвилювання. Тому розробка і впровадження заходів по систематичній оптимізації посадки потребує певної методології.

Зміна диференту сама по собі або через відповідну зміну розташування навантаження впливає на різноманітні характеристики судна: на керованість, загальну міцність, остійність та інше. Наприклад, неочевидний аспект експлуатації судна з незвичним диферентом на ніс — це загроза неконтрольованого затоплення носових частин відсіків, в тому числі вантажних трюмів. Загроза виникає через те, що на більшості суден льяльні колодязі встановлені у кормовій частині приміщень. При довжині трюму 28 метрів, довжині судна 320 метрів (між

перпендикулярами) та диференті 2 метра отримуємо приблизно 20 сантиметрів перепаду рівня між носовою та кормовою переборками трюму. При цьому відстань від палуби трюму до нижньої кромки дверей контейнеру становить лише 12 сантиметрів. Вочевидь, при появі витоків цілком можливим стає псування вантажу. Ця досить проста ситуація потребує розробки спеціальних заходів, бо обладнання існуючих суден носовими льяльними колодзями є економічно невиправданим. Одним з варіантів вирішення проблеми є встановлення в носових частинах приміщень датчиків, що сигналізують про витoki.

Найбільш сучасна методологія впровадження заходів по систематичній оптимізації посадки базується на наступних принципах. Судно обладнується системою динамічного диферентування. Така система забезпечує капітана даними про оптимальний диферент на графічному дисплеї у режимі реального часу з урахуванням поточної посадки судна та його швидкості, які контролюються відповідними датчиками. Система має заздалегідь підготовлене програмне забезпечення та проходить після встановлення процедуру калібрування.

Програмне забезпечення базується на результатах модельних випробувань у дослідному басейні та розрахунках ходкості, які встановлюють вплив диференту на витрати пального при різноманітних режимах руху. Модельні випробування у дослідному басейні є основним практичним способом кількісної оцінки пропульсивних якостей судна. Вони, як правило, проводяться на етапі проектування нових суден, тому найбільш ефективно додавати до звичайної програми модельних випробувань дослідження впливу диференту. У цьому разі нове судно з моменту вступу у стрій може бути забезпечено повноцінною системою динамічного диферентування.

У багатьох випадках проведення модельних випробувань може розглядатися як занадто дорогий та довгий спосіб дослідження впливу диференту. Перш за все це відноситься до існуючих суден, або суден, що проходять модернізацію. У цих випадках частіше використовуються чисельні методи гідродинаміки судна, зокрема засновані на рішенні рівнянь в'язкої рідини (рівнянь Нав'є-Стокса). Передові програмні комплекси, такі як ICARE, SHIPFLOW, STAR-CCM+, FLOWVISION, дозволяють визначати основні показники ходкості з точністю, яка майже не уступає сучасному модельному експерименту. При цьому чисельні методи мають певні переваги у відношенні вартості та строків досліджень.

Альтернативним способом дослідження впливу диференту на витрати пального є збір та аналіз щоденних рапортів з судна, що включає витрати пального, швидкість, стан погоди, навантаження двигунів по потужності, дані про курс та інше. Статистичний аналіз зазначених даних дозволяє дослідити характер впливу посадки судна на витрати пального.

Але результати в такому випадку значною мірою залежать від якості та повноти зібраних даних.

При попередньому аналізі можливостей по оптимізації диференту визначаються важливі осадки судна, в тому числі критичні осадки – рис. 5.8.

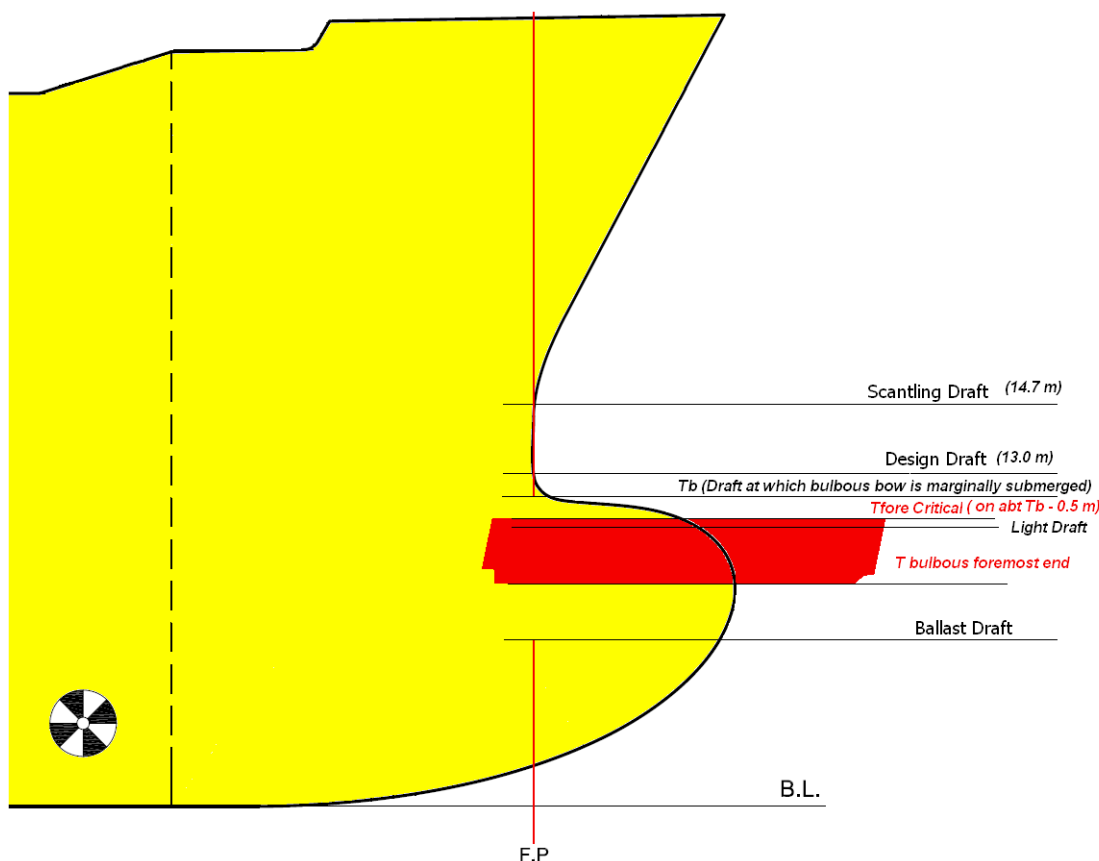


Рисунок 5.8 – Осадки носом, важливі з точки зору ходкості

Критичною можна вважати осадку, яка знаходиться приблизно між осадкою при зануренні носа по носову кінцеву точку бульба та осадкою, при якій носова кінцева точка бульба занурена на 0,5 м під вільну поверхню. Коли осадка носом знаходиться у вказаному діапазоні, ефективність бульбу різко знижується і питомі витрати пального значно зростають у порівнянні з проектною осадкою при однаковому швидкісному режимі. Для наведеного на рис. 5.8 приклада критичне значення осадки носом складає близько 12 м. На т/х «CSAV TRAIGUEN» було відзначено, що при швидкостях менше 21 вузла більш ефективним є режим з носовою осадкою, яка нижче критичної. При швидкостях вище 21 вузла, навпаки, більш вигідні осадки носом вище за критичну. Мається на увазі, що осадка носом змінювалася створенням диференту при тих самих показниках навантаження в цілому. На наш погляд, указана ситуація ілюструє роботу носового бульба, який є ефективним за умови достатнього занурення та достатньо високої швидкості.

Осадка кормою теж має певні критичні значення (рис. 5.9), перш за все, пов'язані з зануренням гребного гвинту.

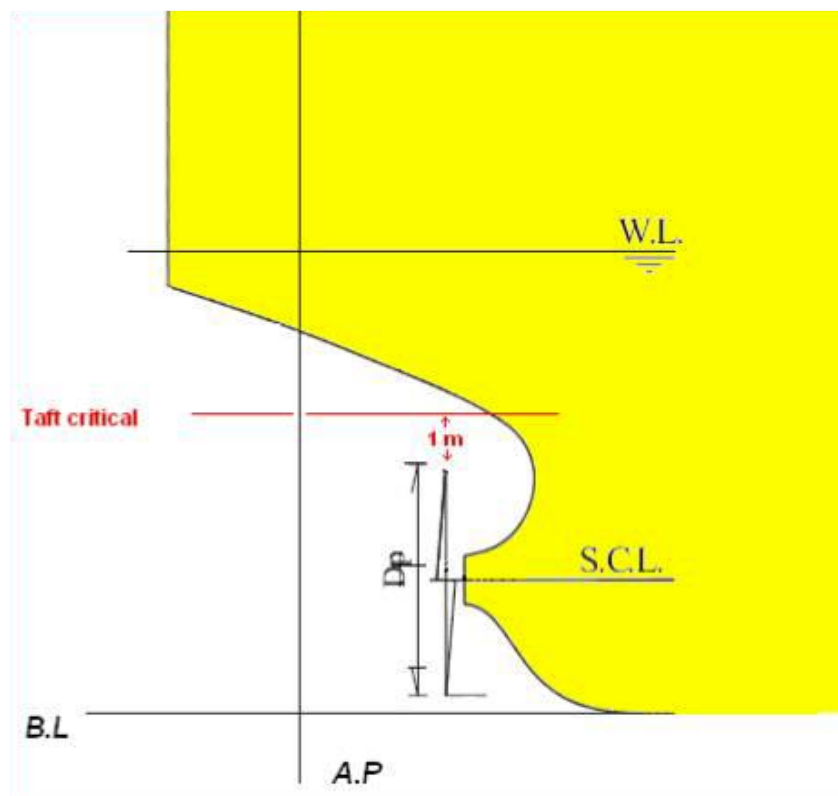


Рисунок 5.9 – Осадки кормою, важливі з точки зору ходкості

Критична осадка кормою для т/х «CSAV TRAIGUEN» визначається як осадка, при якій занурення верхньої точки диску гребного гвинту становить 1 м (для розглянутого судна значення такої осадки близько 10 м). При осадках кормою, які більше критичної, вважається, що існує велика вірогідність оголення гвинта при хитавиці або занадто високий рівень розвитку кавітації.

Важливим є також вплив погодних умов. Слід розуміти, що результати досліджень пропульсивних якостей для тихої води є достатньо адекватними до умов, що відповідають максимум 4-5 балам за шкалою Бофорта. При інших погодних умовах вплив диференту може бути іншим, тому що диферент також впливає на поведінку судна на хвилях (параметри хитавиці і т.д.). З цих причин система динамічного диферентування повинна або містити дані про вплив диференту на ходкість при різних погодних умовах, або попереджати про обмежений характер рекомендацій.

Модернізація носових обводів суден проводиться за досить близькими принципами. Запропонована форма обводів також повинна відповідати усім обставинам даного існуючого судна, а також бути обґрунтованою за допомогою модельного експерименту або чисельного дослідження ходкості. Слід зазначити, що при комбінуванні обох рішень, тобто при оптимізації диференту на судах з модернізованими носовими обводами, були зафіксовані

менші відносні зниження затрат палива при переході від посадки на рівний киль до посадки з оптимальним диферентом. Це пояснюється більш оптимальними показниками ходкості судна з модернізованою формою носу у розглянутих режимах руху.

Таблиця 5.2 — Порівняння методів дослідження впливу диференту

Метод	Переваги	Недоліки	Застосування
Модельні випробування	Висока точність, відтворюваність	Висока вартість і тривалість	Проектування нових суден
CFD (Navier–Stokes)	Гнучкість, швидкість, дешевше	Залежить від якості сітки та моделі турбулентності	Аналіз існуючих суден, модернізація
Статистичний аналіз рейсових даних	Враховує реальні умови	Залежить від якості даних	Поточна експлуатація

5.3 Дослідження результатів впровадження модернізації обводів носової частини та оптимізації посадки на т/х «MSC Pegasus»

Для т/х «MSC Pegasus», контейнеровозу місткістю 8700TEU, розглянуті питання зниження витрат пального є достатньо актуальними. Судно після 7,5 років експлуатації під час чергового докового ремонту було модернізовано з заміною носового бульба. На рис. 5.10 показано фотографії судна у доці із старим та новим бульбом, на рис. 5.11 – проектні зображення 3D моделі старого та нового бульба.

Для обґрунтування модернізації носових обводів та отримання даних по оптимізації диференту були застосовані сучасні методи обчислювальної гідродинаміки на базі програмного комплексу ICARE.

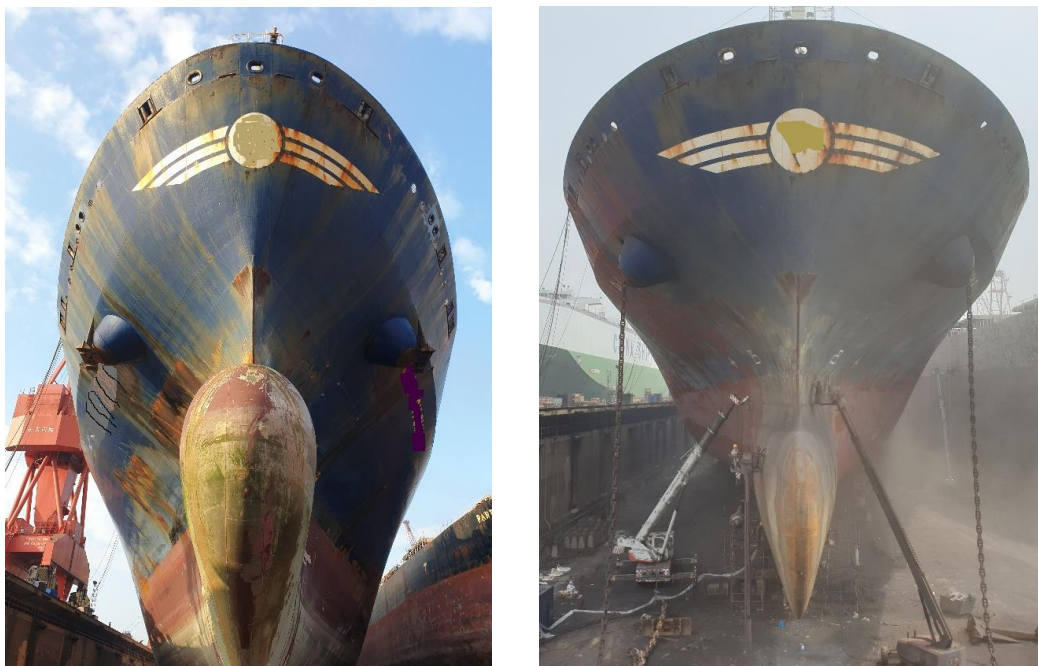


Рисунок 5.10 – Модернізація носових обводів: зліва початкові обводи, з права - нові

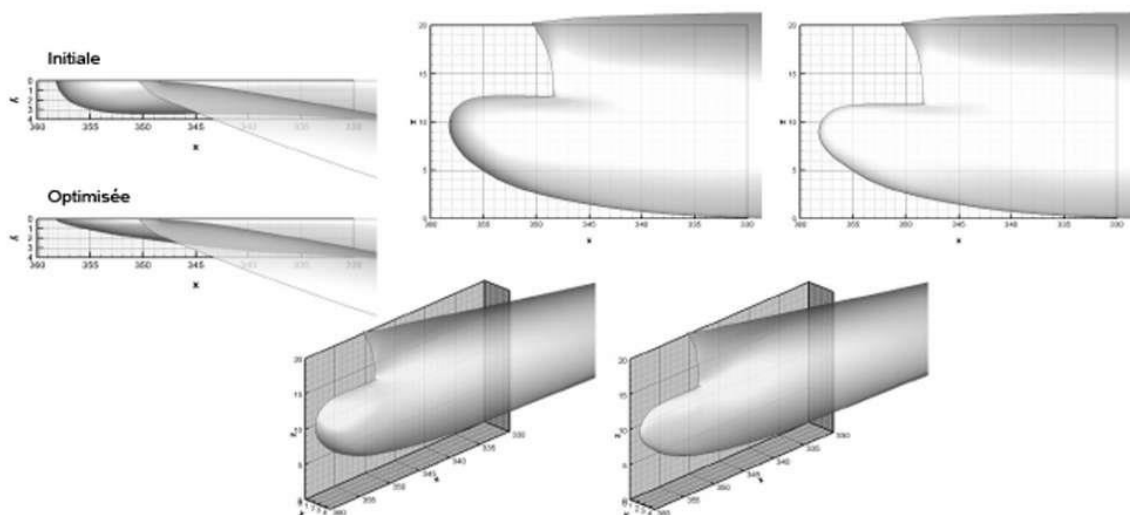


Рисунок 5.11 – Модернізація носових обводів, проектні 3D моделі

Процес проектної підготовки оптимізації носових обводів було виконано з урахуванням обмежень існуючого судна, зокрема за умовою плавного з'єднання нового бульбу з поверхнею корпусу. Було попередньо розроблено декілька варіантів нових обводів, які вивчалися за допомогою відносно простих потенціальних методів обчислювальної гідродинаміки. Найбільш вдалі варіанти були потім досліджені за допомогою програмного комплексу ICARE. Фактично остаточно обраний варіант являє собою бульб зі значно зменшеною шириною (див. рис. 5.10 і рис. 5.11), що пояснюється іншими умовами його оптимальності при зменшеній швидкості згідно зі концепцією «Slow steaming». Згідно з

поясненнями до проекту модернізації, витрати пального у новому проектному режимі знизилися завдяки модернізації на 5%, що відповідає дуже значній економії експлуатаційних витрат. Строк окупності робіт по модернізації був оцінений у менше ніж рік.

По результатам дослідження впливу диференту на показники ходкості, які були виконані за допомогою обчислювальної гідродинаміки, були складені спеціальні діаграми, приклади яких показані на рис. 5.13 – рис. 5.10. Ці діаграми базуються на розрахунках, виконаних для осадок 9,5, 11, 12, 13 та 14 метрів, за допомогою чисельних методів рішення рівнянь в'язкої рідини Нав'є-Стокса, реалізованих у програмному комплексі ICARE. У розрахунках була взята до уваги вільна динамічна посадка судна. Добові витрати пального на діаграмах порівнюються з розрахунковим значенням для рівного кіля. Система знаків для диференту відповідає рис. 5.12.

Дані діаграм на рис. 5.13 – 5.15 представлені також у табл. 5.4 – 5.8.

З табл. 5.4 – 5.8 та рис. 5.13 – 5.16 можна побачити, що при різних комбінаціях швидкості, осадки та диференту витрати пального змінюються на декілька тон. Усі можливі комбінації при певному диференті можуть бути представлені у графічній формі, як показано на рис. 5.17, де зміна добових витрат палива показана по відношенню до витрат при положенні на рівний кіль.

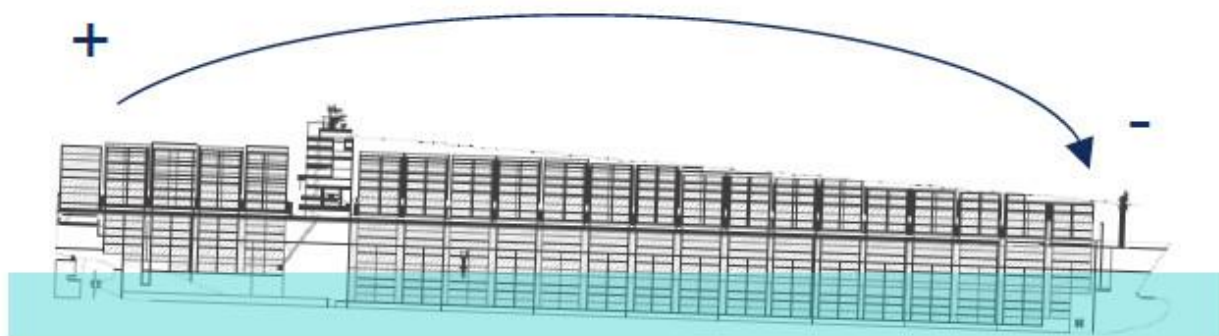


Рисунок 5.12 – Система знаків для диференту

Аналізуючи представлені дані, можна зробити висновок, що у багатьох випадках зміна диференту дає можливість помітно знизити витрати пального і, таким чином, експлуатаційні витрати.

Підчас випробувань розглянутої системи динамічного диферентування було встановлено, що її рекомендації є достатньо точними приблизно лише до погодних умов, що відповідають 2 балам за шкалою Бофорта.

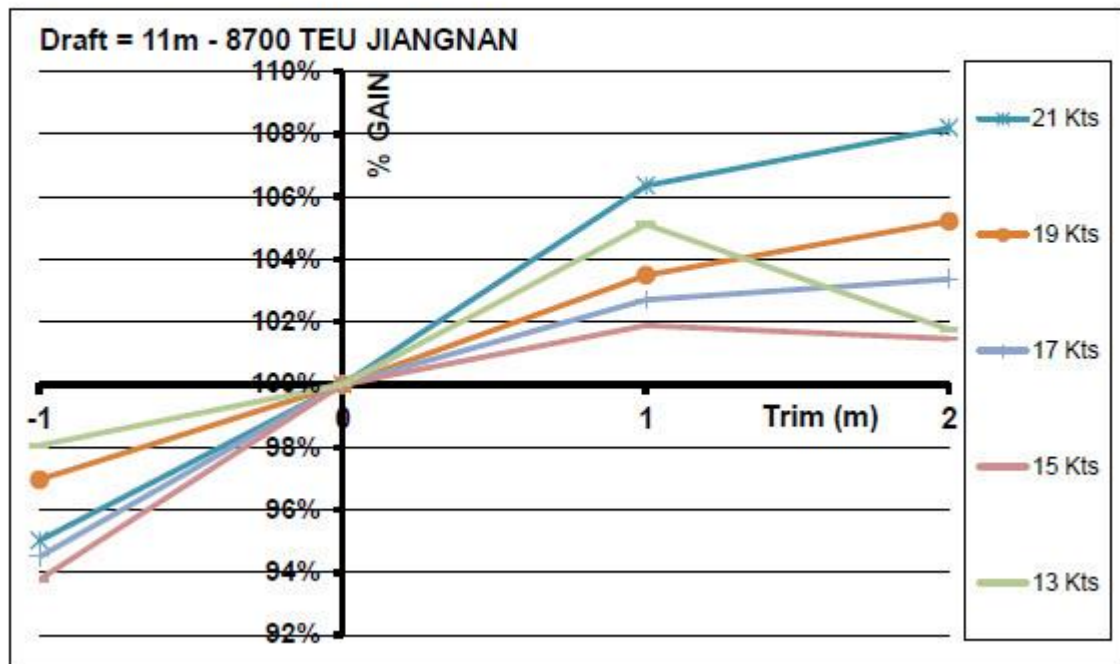
Таблиця 5.3 — Сумарний техніко-економічний ефект модернізації носового бульба т/х «MSC Pegasus»

Показник	До модернізації	Після модернізації	Зміна
Форма бульба	Стандартна	Звужена, оптимізована для низьких швидкостей	—
Режим експлуатації	19–24 вузли	17–20 вузлів (slow steaming)	—
Витрати палива	100%	~95%	–5%
Окупність	—	< 1 року	—
Динамічна оптимізація диференту	Відсутня	Встановлена (ICARE CFD)	—

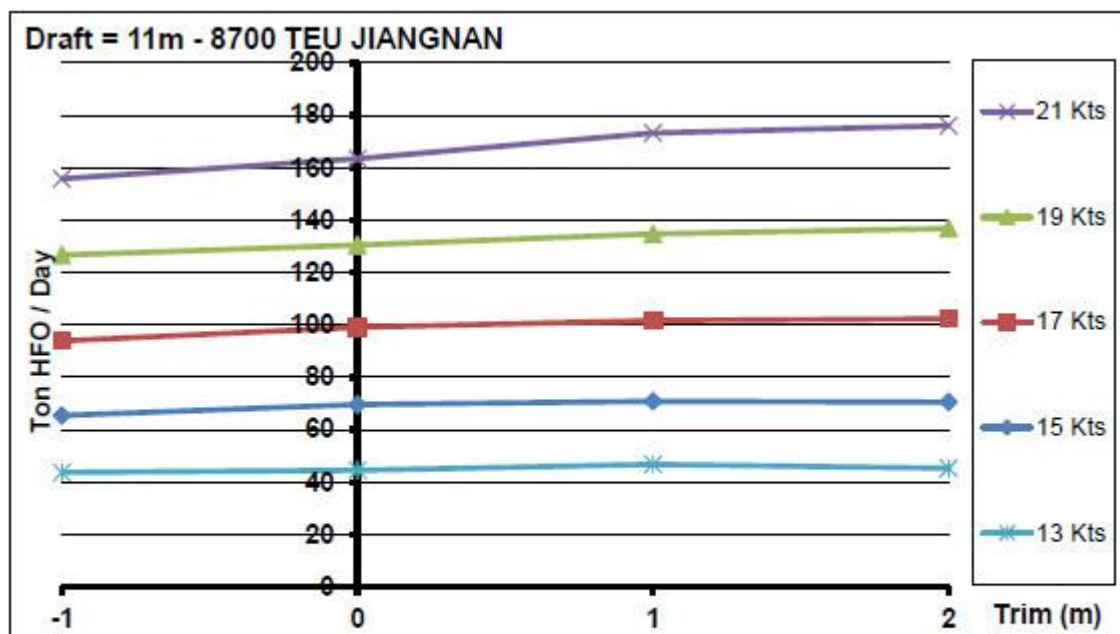
➤ **11 m Draft**

DAILY HFO CONSUMPTION

A negative trim means by head, positive one is trim by stern.



EFFECTIVE POWER GAIN



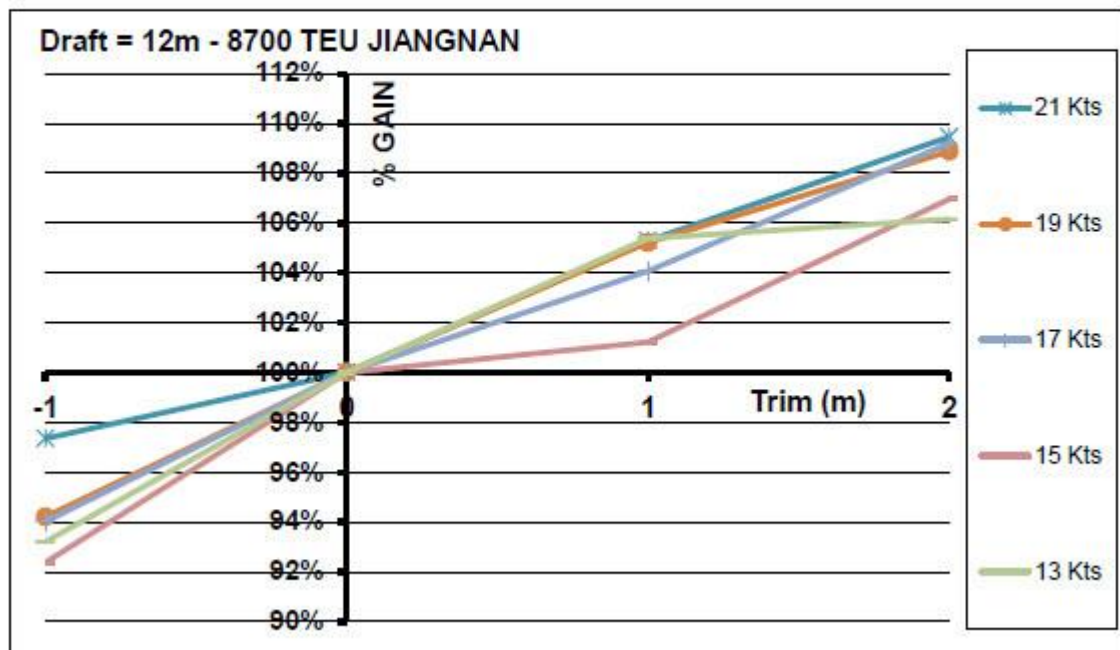
Draft (m)	Unfavourable trim (m)	Optimal trim (m)
11	By stern	By bow

Рисунок 5.13 – Розрахунковий вплив диференту на витрати пального, осадка 11 метрів

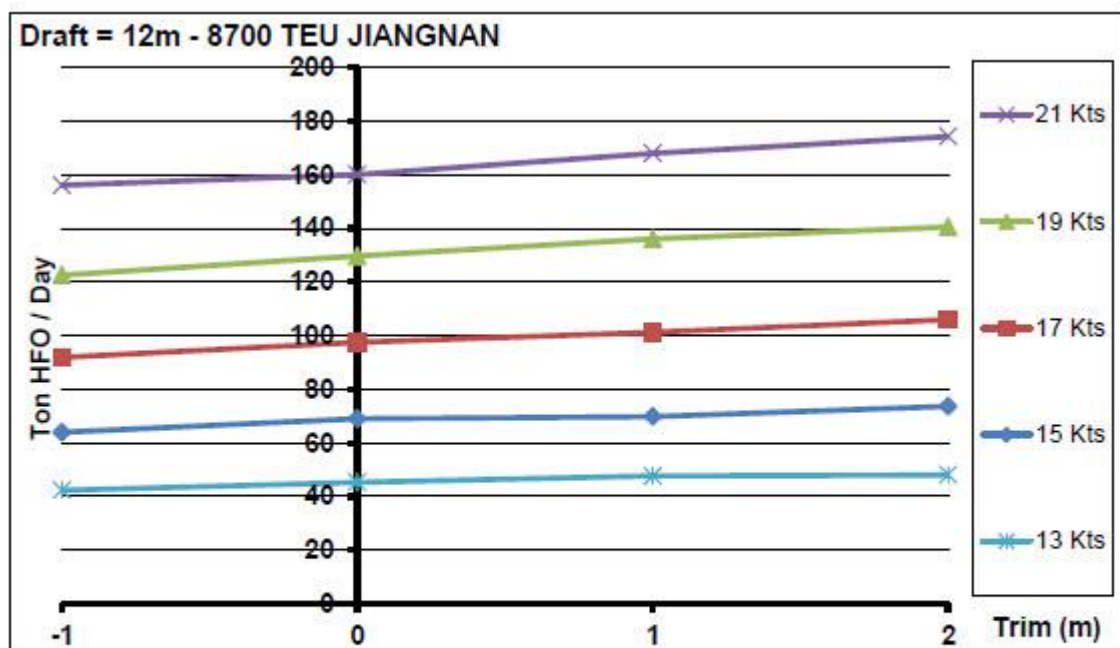
➤ **12 m Draft**

DAILY HFO CONSUMPTION

A negative trim means by head, positive one is trim by stern.



EFFECTIVE POWER GAIN



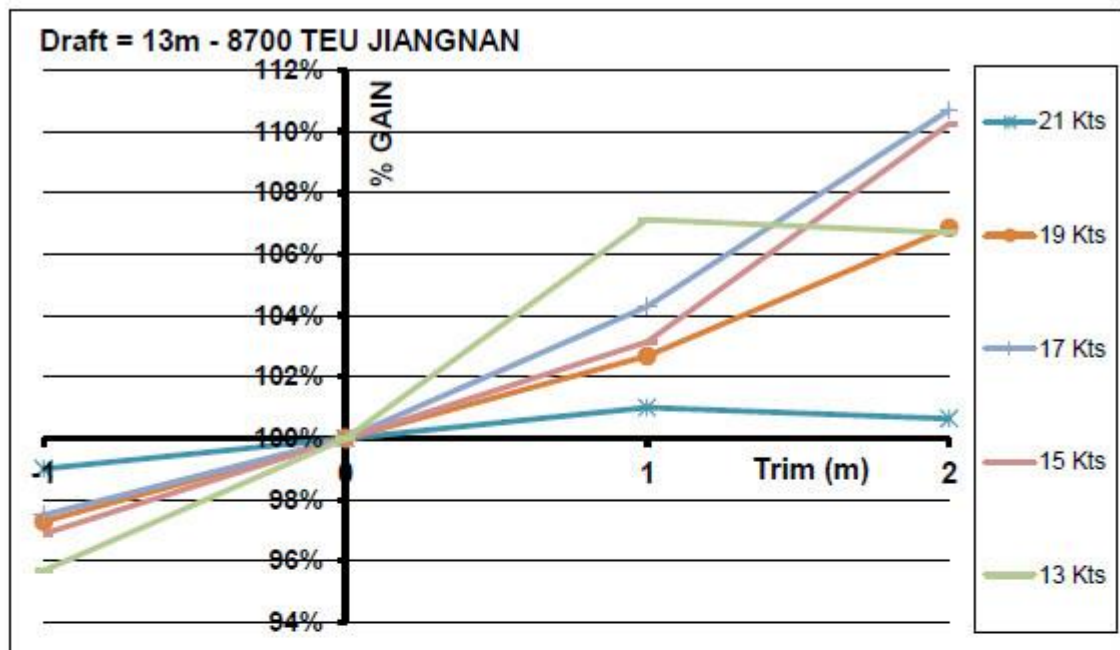
Draft (m)	Unfavourable trim (m)	Optimal trim (m)
12	By stern	By bow

Рисунок 5.14 – Розрахунковий вплив диференту на витрати пального, осадка 12 метрів

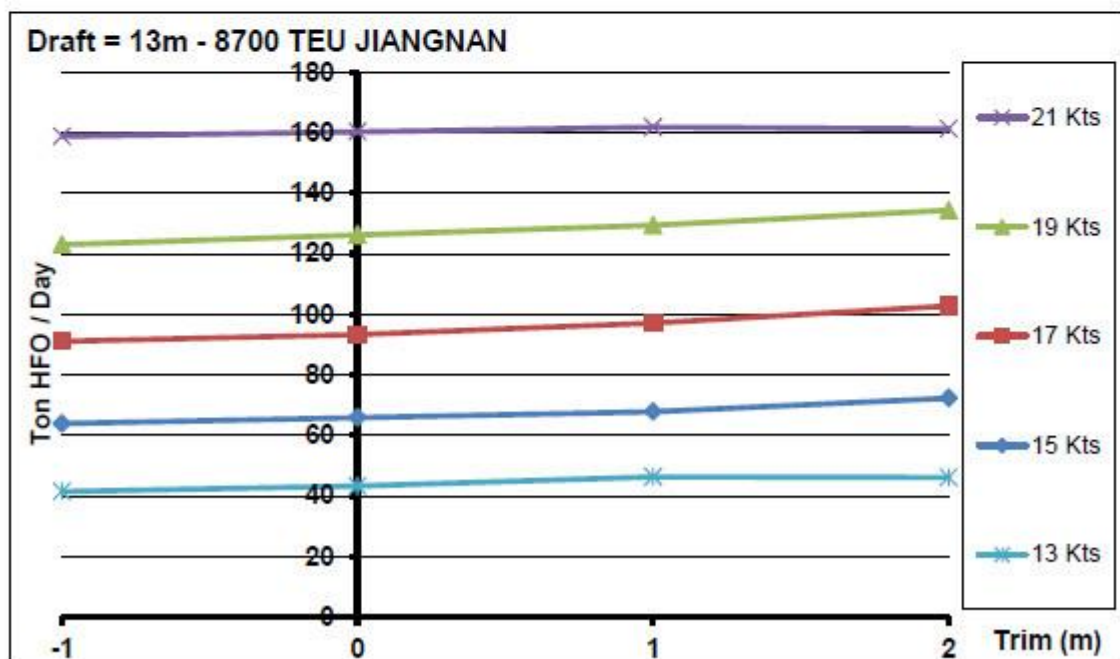
➤ **13 m Draft**

DAILY HFO CONSUMPTION

A negative trim means by head, positive one is trim by stern.



EFFECTIVE POWER GAIN



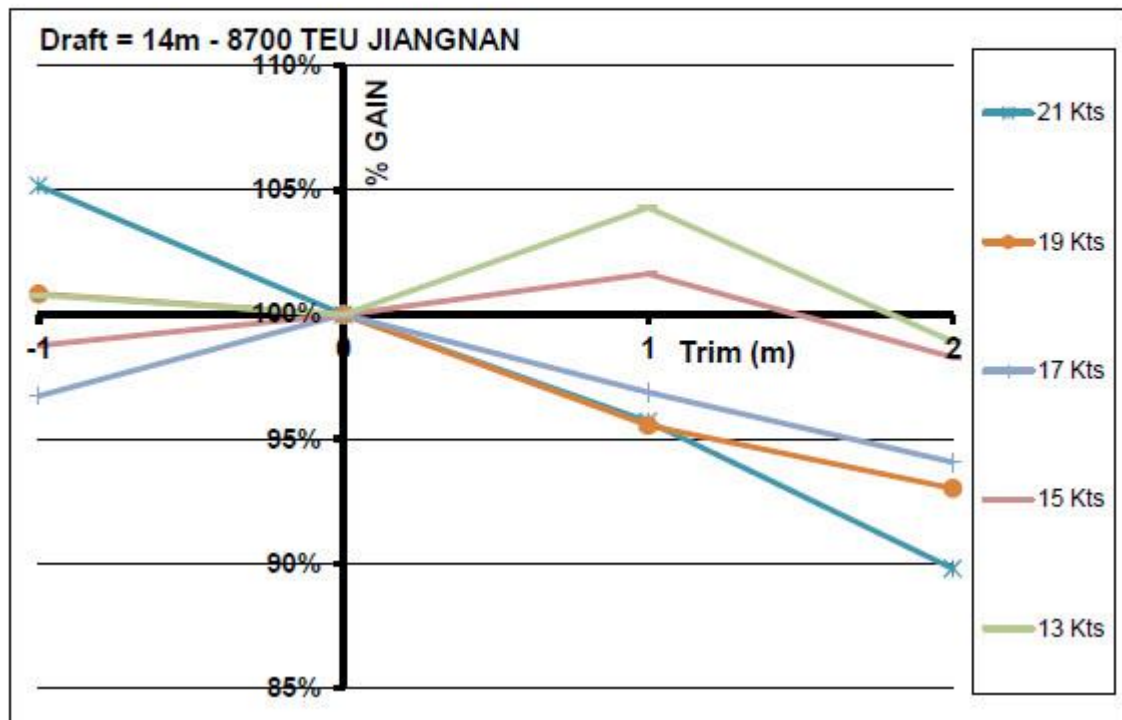
Draft (m)	Unfavourable trim (m)	Optimal trim (m)
13	By stern	By bow

Рисунок 5.15 – Розрахунковий вплив диференту на витрати пального, осадка 13 метрів

➤ **14 m Draft**

DAILY HFO CONSUMPTION

A negative trim means by head, positive one is trim by stern.



EFFECTIVE POWER GAIN

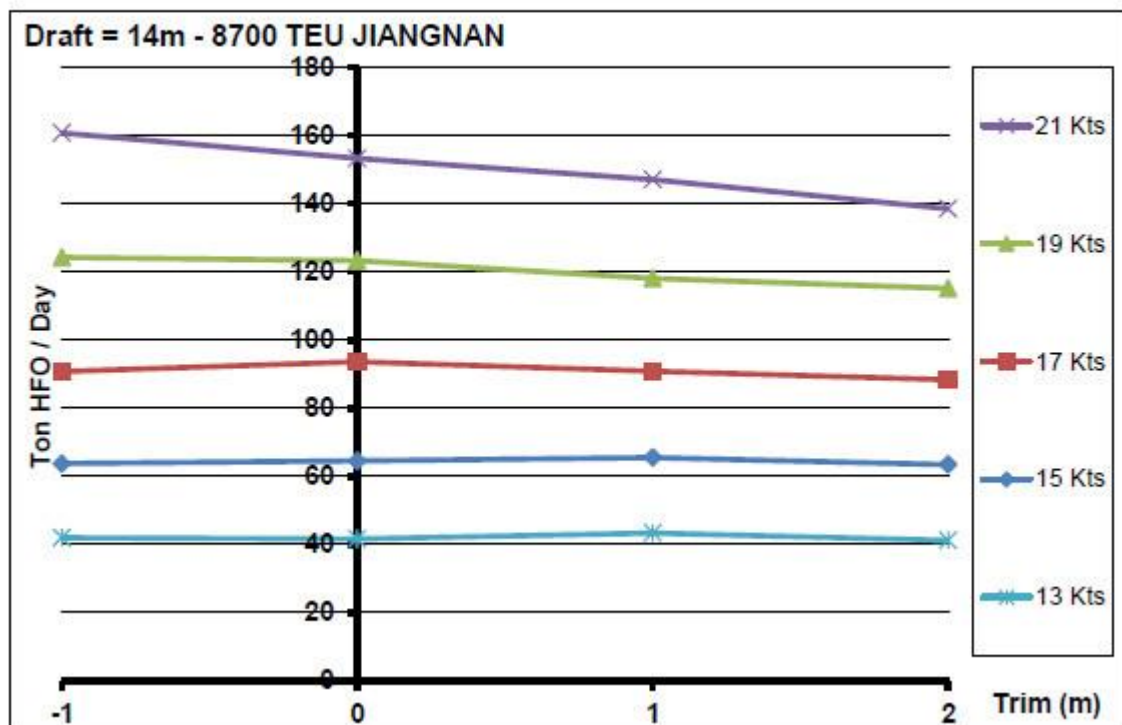


Рисунок 5.16 – Розрахунковий вплив диференту на витрати пального,
осадка 14 метрів

Таблиця 5.4 – Добові витрати палива при осадці 9,5 м

Швидкість, вузли	Диферент			
	+2 м	+1 м	0	-1 м
13	40	42	43	44
15	65	67	68	66
17	93	93	93	93
19	123	123	125	125
21	158	158	158	158

Таблиця 5.5 – Добові витрати палива при осадці 11 м

Швидкість, вузли	Диферент			
	+2 м	+1 м	0	-1 м
13	45	47	45	44
15	71	71	70	65
17	102	102	99	94
19	137	135	130	127
21	176	173	163	156

Таблиця 5.6 – Добові витрати палива при осадці 12 м

Швидкість, вузли	Диферент			
	+2 м	+1 м	0	-1 м
13	48	48	45	42
15	74	70	69	64
17	106	101	97	92
19	140	136	130	123
21	174	168	160	156

Таблиця 5.7 – Добові витрати палива при осадці 13 м

Швидкість, вузли	Диферент			
	+2 м	+1 м	0	-1 м
13	46	46	43	41
15	72	68	66	64
17	103	97	93	91
19	134	129	126	123
21	161	162	160	159

Таблиця 5.8 – Добові витрати палива при осадці 14 м

Швидкість, вузли	Диферент			
	+2 м	+1 м	0	-1 м
13	41	43	42	42
15	63	66	65	64

17	88	91	94	91
19	115	118	123	124
21	139	147	153	161

Таблиця 5.9 — Узагальнення результатів підвищення паливної ефективності судна шляхом оптимізації посадки та модернізації носових обводів

№	Напрямок дослідження	Основні заходи	Ключові результати	Економічний ефект / Вплив
1	2	3	4	5
1	Концепція “Slow steaming”	Зниження експлуатаційної швидкості та потужності	Формування потреби у перебудові пропульсивного комплексу; зміна режимів роботи бульба	Економія до 10–30% палива залежно від режиму
2	Оптимізація посадки (диференту)	Аналітичні розрахунки, модельні випробування, CFD, динамічні системи диферентування	Встановлено критичні осадки носом і кормою; визначено оптимальні диференти при різних швидкостях	Середня економія 2–5%; в окремих умовах — до 15%
3	Визначення критичних осадок	Аналіз занурення бульба, обмежень гвинта та конструктивних ризиків	Виявлено критичні межі осадки (для прикладу, 12 м носом та 10 м кормою)	Забезпечення безпечної експлуатації; уникнення втрат швидкості
4	Використання методів CFD	Розрахунки Navier–Stokes (ICARE, SHIPFLOW, STAR-CCM+)	Точне визначення впливу диференту та обводів на опір; заміна дорогої модельної бази	Прискорення проєктних робіт; зменшення витрат на експеримент

Продовження табл. 5.9

1	2	3	4	5
5	Модернізація носових обводів	Розробка нової форми бульба; зменшення ширини; оптимізація під низьку швидкість	Покращення обводів у режимах slow steaming; зменшення хвильового опору	До –5% витрат пального після модернізації
6	Комплексна оптимізація (бульб + диферент)	Використання CFD-діаграм для визначення оптимального диференту після модернізації	Менші відносні виграші від диференту, але стабільніші показники ходкості	Загальна економія після модернізації та оптимізації — 6–10%
7	Приклад т/х «MSC Aino»	Заміна бульба, розрахунки ICARE, впровадження системи динамічного диферентування	Підтвердження ефективності нової форми; докове фотофіксування; діаграми витрат палива	Окупність модернізації < 1 року; економія 5% + додаткова від оптимального диференту
8	Вплив погодних умов	Вивчення поведінки судна при хвилюванні 2–5 балів	Встановлено обмеження точності рекомендацій системи	Оптимізація ефективна в умовах до 4–5 балів

			диферентування	
9	Системний ефект	Поєднання технічних та експлуатаційних заходів	Скорочення експлуатаційних витрат, збільшення рентабельності рейсів	Комплексний виграш: покращення ходкості, зменшення опору, підвищення екологічності

Висновки

Optimal trim summary

Speed (kts) Draft (m)	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
9	2	2	2	2	2	2	1,5	1	1	1	0,5	0	0	0
9,25	2	2	2	2	2	2	1,5	1	1	1	0,5	0	0	0
9,5	2	2	2	2	2	2	1,5	1	1	1	0,5	0	0	0
9,75	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1	1	1	1	0,5	0	0	0
10	1	1	1	1	1	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0	0	0	0
10,25	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0	0	0	0	0	-0,5	-0,5	-0,5
10,5	0	0	0	0	0	0	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-1	-1	-1
10,75	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
11	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
11,25	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
11,5	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
11,75	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
12	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
12,25	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
12,5	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
12,75	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
13	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
13,25	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5
13,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
13,75	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
14	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
14,25	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
14,5	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
14,75	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
15	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

Рисунок 5.17 – Зведені дані по впливу посадки на витрати пального (по відношенню до рівного кіля)

Аналіз можливостей по підвищенню паливної ефективності суден шляхом оптимізації їхньої експлуатаційної посадки та модернізації обводів носової частини показав, що ці методи є досить актуальними та достатньо широко розповсюджені, особливо після появи концепції «Slow steaming».

В основі корисного ефекту лежить той факт, що відповідні судна експлуатуються зі зниженими швидкостями, на які вони не були спроектовані. Тому обрані при проектуванні обводи стають не повністю оптимальними. Корисний ефект від оптимізації посадки (точніше, диференту) може у якійсь мірі досягатися і при повністю оптимальних обводах при часткових навантаженнях. Причина полягає у тому, що проектним режимом для пропульсивного комплексу є, як правило, тільки режим з повним навантаженням.

Дослідження по розглянутому у роботі судну показали, що модернізація носових обводів дозволяє знизити витрати пального приблизно на 5%. Оптимізація диференту дозволяє знижати витрати у досить широких межах, в залежності від заданих осадки та швидкості. Важливим напрямком вдосконалення існуючих підходів до оптимізації посадки є врахування різних погодних умов, які можуть зустрічатися у реальній експлуатації.

РОЗДІЛ 6

РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ СУДНА В РЕЙС

6.1 Розрахунок кількісних та якісних показників роботи судна в рейсі

Розрахунок виконаний на підставі завдання і даних, отриманих у попередніх розділах цієї дипломної роботи, взятих із суднової документації при роботі на переддипломної практиці, з довідкових матеріалів кафедри М і ЕМТ НУ«ОМА», прейскурантів, тарифів та ін. Вихідні дані рейсу т/х «MSC Pegasus» з порту Лісабон (Португалія) в порт Олександрія (Єгипет) зведені в таблицю 6.1.

Таблиця 6.1 - Початкові дані для розрахунку рейсу

№ п/п	Найменування показників	Умовні позначення	Одиниця вимірювання	Значення
1	2	3	4	5
1	Дедвейт т/х «MSC Pegasus»	D_w	тон	80551
2	Запаси на початок рейсу	G_p	тон	3983,5
3	Відстань між портами	L	милі	2151,8
4	Кількість навантаженого вантажу: контейнери	$\Sigma Q_{шт}$	шт	2819
5	Фрахтова ставка за 1 шт вантажу	f_l	\$/шт	450
6	Норми навантаження вантажу	$M_{ван}$	шт/ доб.	3200
7	Норми вивантаження вантажу	$M_{вив}$	шт/ доб.	3000
8	Експлуатаційна швидкість	v	екс. вузли	16,0
9	Швидкість в каналах, вузостях	v	кан. вуз.	10,0
10	Добова витрата палива на ходу: важке	q_x^e	тон/доб	130,0

	Добова витрата палива на стоянці: легке	$q_{ст}$	тон/доб	12,0
--	--	----------	---------	------

Продовження табл. 6.1

1	2	3	4	5
11	Ціна 1 тони палива: важке	C_v	\$/т	420
	легке	C_l	\$/т	600
12	Балансова вартість судна	$C_{бал}$	\$	10082650
13	Річна норма амортизації	Ha	%	10
14	Позаексплуатаційний час	T_{ze}	діб.	15
15	Чисельність екіпажу	$Ч_{ек}$	чол.	23
16	Час затримки в дорозі	$t_{зат}$	доб.	0,2
17	Додатковий час в портах стоянки	$t_{доод}$	доб.	0,1
18	Заробітна платня	$R_{зн}$	\$/доб	3100
19	Витрати на технічне постачання	$R_{т.пос}$	\$/доб	500
20	Навігаційні витрати	$R_{нав}$	\$/доб	300
21	Портові збори	$R_{порт}$	\$	38400
22	Агентування суден	$R_{аг}$	\$/доб	300
23	Витрати на страхування судна	$R_{стр}$	\$/доб	420
24	Витрати на ремонт	$C_{рем}$	\$/мр.п.	850000
25	Вартість одного доковання	$C_{док}$	\$	80000

При розрахунку кількісних показників роботи судна в рейсі використовуємо дані рейсового завдання [36, 38].

1. Розраховуємо чисту вантажопідйомність судна:

$$D_q = D_w - G_{зан}, \quad (6.1)$$

$$D_q = 80551 - 3983,5 = 76567,5 \text{ т}$$

2. Розраховуємо експлуатаційний період роботи судна:

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

де T_k - календарний період, приймаємо 365 діб;

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

3. Розраховуємо час рейсу:

- ходовий час:

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

$$t_x = 2151,8 / (16,0 \times 24) + 0,2 = 5,8 \text{ діб}$$

- стоянковий час:

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

$$t_{cm} = 2819 / 3200 + 2819 / 3000 + 0,1 = 1,9 \text{ діб.}$$

- час рейсу складе:

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

$$t_p = 5,8 + 1,9 = 7,7 \text{ діб}$$

4. Розрахуємо провізну спроможність судна:

- зроблено шт-миль за рейс:

$$\Sigma QL = 2819 \times 2151,8 = 6065924 \text{ шт-миль/рейс}$$

- зроблено тоннаже-миль за рейс:

$$\Sigma D_{\text{ч}} L = 76567,5 \times 2151,8 = 164757947 \text{ тоннаже-миль/рейс}$$

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

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

$$\Sigma F_{\text{рейс}} = 2819 \times 450 = 1268550 \text{ $/рейс}$$

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

Постійні експлуатаційні витрати судна за добу розраховуємо за формулою:

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

- витрати на заробітну плату (R_{zn}) 3100 \$/добу;
- витрати на харчування екіпажу ($R_{хар}$) розраховуємо за формулою:

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

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

$$R_{хар} = 23 \times 12 = 276 \text{ $/добу};$$

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

$$R_{рем}^{сум} = \frac{(n_{док} \times C_{док} + C_{рем}) / t_{mn}}{T_{ек}}, \quad (6.9)$$

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

t_{mn} – міжремонтний період 5 років.

$$R_{рем} = ((80000 + 850000) / 5) / 350 = 531 \text{ $/добу}$$

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

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

$$R_{ам} = (10082650 \times 0,1) / 350 = 2881 \text{ $/добу};$$

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

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

де $H_{сн}$ - норма постачання;

$$R_{сн} = (10082650 \times 0,02) / 350 = 576 \text{ $/добу};$$

- витрати на технічне постачання ($R_{м.нос.}$) 500 \$/добу;

- навігаційні витрати, \$/добу ($R_{нав}$) 300 \$/добу;
- портові збори ($R_{порт}$) 38400 \$/рейс;
- витрати з агентування ($R_{аг}$) 300 \$/добу;
- витрати на страхування ($R_{стр}$) 450 \$/добу.

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

$$R_{екс} = 3100 + 276 + 531 + 2881 + 576 + 500 + 300 + 38400 / 7,7 + \\ + 300 + 450 = 13901 \text{ $/ добу}$$

7. Розраховуємо непрямі (адміністративно-управлінські)

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

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

$$R_{кос.} = 13901 \times 0,02 = 278 \text{ $/добу}$$

8. Знаходимо загальні постійні експлуатаційні витрати судна за добу:

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

$$R_{заг} = 13901 + 278 = 14179 \text{ $/добу}$$

9. Знаходимо загальні постійні експлуатаційні витрати судна за рейс:

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

$$\Sigma R_{заг.екс} = 14179 \times 7,7 = 109178 \text{ $/рейс}$$

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

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

$$R_x^e = k_{см} \cdot q_x \cdot \Pi_e \quad (6.15)$$

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

$$R_x^6 = 1,1 \times 130,0 \times 420 = 60060 \text{ \$/ добу}$$

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

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

$$R_{cm}^n = 1,1 \times 12,0 \times 600 = 7920 \text{ \$/ добу}$$

- витрати на паливо і мастильні матеріали витрати за рейс:

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

$$\Sigma R_{nep} = 60060 \times 5,8 + 7920 \times 1,9 = 363396 \text{ \$/рейс}$$

11. Знаходимо загальні витрати судна за рейс:

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

$$\Sigma R_{рейс} = 109178 + 363396 = 472574 \text{ \$/рейс}$$

12. Знаходимо прибуток судна за рейс:

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

$$\Sigma П_{рейс} = 1268550 - 472574 = 795976 \text{ \$/рейс}$$

Прибуток судна т/х «MSC Pegasus» з порту Лісабон (Португалія) в порт Олександрія (Єгипет) з вантажем контейнери за рейс склав 795976 \$/рейс.

Якісних показників роботи судна в рейсі розраховуємо за методикою: [38].

1. Коефіцієнт використання календарного періоду:

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

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

2. Середньодобова експлуатаційна швидкість:

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

$$V_{cp} = 2151,8 / 5,8 = 371$$

3. Коефіцієнт ходового часу:

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

$$\varepsilon_x = 5,8 / 7,7 = 0,753$$

4. Продуктивність однієї тони вантажопідйомності судна в добу експлуатації:

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

$$\mu_6 = 0,986 \times 371 \times 0,753 = 275,45$$

5. Валова прибутковість одних судно-днів:

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

$$\mu = 1268550 / 7,7 = 164747 \text{ \$/доба}$$

6. Собівартість перевезення однієї тони вантажу в рейсі:

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

$$S_{ум} = 472574 / 2819 = 167,64 \text{ \$/шт}$$

7. Собівартість 1 тонно-милі в рейсі:

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

$$S_{ум-м} = 472574 / 6065924 = 0,0779063 \text{ \$/шт-м}$$

8. Собівартість утримання судна в добу експлуатації:

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

$$S_{с-д} = 472574 / 7,7 = 61373 \text{ \$/ доба.екс}$$

10. Рівень прибутковості являє відношення доходів до витрат:

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

$$PF = 1268550 / 472574 = 2,68$$

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

6.2 Прогнозування роботи судна, оцінка ефективності рейсу

Якісні показники роботи судна за експлуатаційний період розраховуємо з урахуванням розрахованого експлуатаційного період роботи судна за формулою (6.2) за методикою: [38].

1. Число рейсів за експлуатаційний період:

$$Ч_p = T_{екс} / t_p \quad (6.29)$$

$$Ч_p = 350 / 7,7 = 45,45$$

2. Обсяг перевезеного вантажу за експлуатаційний період:

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

$$\Sigma Q_{екс} = 2819 \times 45,45 = 128124 \text{ шт / рік}$$

3. Обсяг транспортної роботи за експлуатаційний:

$$\Sigma Ql_{екс} = \Sigma Ql Ч_p \quad (6.31)$$

$$\Sigma Ql_{екс} = 6065924 \times 45,45 = 275696246 \text{ шт-миль / рік}$$

4. Дохід за експлуатаційний період:

$$\Sigma F_{екс} = \Sigma F_{рейс} Ч_p \quad (6.32)$$

$$\Sigma F_{екс} = 1268550 \times 45,45 = 57655598 \text{ \$ / рік}$$

5. Загальні витрати судна за експлуатаційний період:

$$\Sigma R_{екс} = R_{рейс} Ч_p \quad (6.33)$$

$$\Sigma R_{екс} = 472574 \times 45,45 = 21478488 \$ / \text{рік}$$

6. Прибуток судна за експлуатаційний період:

$$\Sigma \Pi = \Pi_p \cdot \mathcal{C}_p \quad (6.34)$$

$$\Sigma \Pi = 795976 \times 45,45 = 36177109 \$ / \text{рік}$$

7. Рівень прибутковості роботи судна за експлуатаційний період:

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

$$PF = 57655598 / 21478488 = 2,68$$

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

Таблиця 6.2 - Кількісні і якісні показники виконаного рейсу

№ п/п	Найменування показників	Умовні позначення	Одиниця вимірювання	Значення
1	2	3	4	5
1	Валовий дохід	F	\$	1268550
2	Затрати загальні	R	\$	472574
3	Прибуток	Π	\$	795976
4	Коефіцієнт ходового часу	ε_x		0,753
5	Середньодобова експлуатаційна швидкість	V_{cp}	милі/доб	371
6	Дохідність судна	μ	\$/ доб	164747
7	Рівень дохідності	PF		2,68
8	Собівартість перевезення 1 шт вантажу	$S_{шт}$	\$/шт	167,64
9	Собівартість 1 шт-милі	$S_{шт-м}$	\$/шт-м	0,0779063

10	Собівартість утримання судна за добу експлуатації	S_{c-d}	\$/доб.	61373
----	---	-----------	---------	-------

В результаті проведених розрахунків, наведених у таблиці 6.2. слід зазначити, що виконаний рейс є прибутковим. Рівень прибутковості 2,68, прибуток 795976 \$ за рейс, а за експлуатаційний період прибуток складе 36177109 \$. Судно «MSC Pegasus» доцільно використовувати на даній лінії.

РОЗДІЛ 7

ОХОРОННІ ЗАХОДИ І ЦИВІЛЬНА ОБОРОНА НА СУДНІ

7.1 Прогнозування наслідків надзвичайної ситуації на об'єкті морського транспорту

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

Судно «MAERSK KOKURA» було атаковане піратським човном в Гвінейській затоці і піддалося обстрілу зі стрілецької зброї і гранатомета. Силами охоронної команди, що знаходиться на судні, піратська атака відбита. При огляді носової частини судна на палубі виявлений розлив зрідженого сірководню з пошкодженого багатoeлементного газового контейнера (корпуси). На судні виникла надзвичайна ситуація. Кількість розлитого сірководню, що є сильнодіючою отруйною речовиною (СДОР), 5 т. Характер розливу - «вільно». Метеорологічні умови на момент виникнення надзвичайної ситуації: час 15.00, температура повітря 100, швидкість вітру 6 м / с, вітер зустрічний, суцільна хмарність. Відстань від пошкодженого БЕГК до житлової надбудови судна 250 м. Місцевість відкрита, характер - водна поверхня.

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

Скласти розклад екіпажу за сигналом «загальносуднову тривога» і команді «Загроза захоплення судна» на переході морем.

2. Оцінка масштабів хімічного зараження території.

Виконання розрахунків ведеться за допомогою формул і таблиць, наведених в Методіці прогнозування наслідків надзвичайних ситуацій на об'єктах морського транспорту (Додаток 1 до "Методичним вказівкам щодо виконання розділу« Цивільний захист / оборона »дипломних проектів (робіт)»).

2.1. Визначення ступеня вертикальної стійкості повітря.

За заданим метеорологічним умовам (час доби - день, швидкість вітру 6 м/с, суцільна хмарність) за допомогою таблиці 1 визначаємо: на момент виникнення надзвичай-чайної ситуації ступінь вертикальної стійкості повітря - Ізотермія.

Таблиця 7.1. Визначення ступеня вертикальної стійкості повітря за прогнозом погоди

Швидкість вітру, м/с	Час доби					
	день			ніч		
	Наявність Хмарності					
	Відсутнє	Середня	Суцільна	Відсутнє	Середня	Суцільна
0,5 ≤	Конвекція	конвекція	Ізотермія	изотермія	Інверсія	Ізотермія я
0,6-2,0	Конвекція	Конвекція	Ізотермія	Ізотермія	Інверсія	Ізотермія
2,1 – 4,0	Конвекція	Ізотермія	Ізотермія	Ізотермія	Ізотермія	Ізотермія
> 4,0	Ізотермія	Ізотермія	Ізотермія	Ізотермія	Ізотермія	Ізотермія

2.2. Розрахунок еквівалентної кількості СДОР у первинній хмарі.

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

Розрахувати еквівалентну кількість $Q_{\Sigma 1}(T)$ сірководню у первинній хмарі:

$$Q_{\Sigma 1} = K_1 \cdot K_3 \cdot K_5 \cdot K_7^1 \cdot Q_0 = 0,27 \cdot 0,036 \cdot 0,23 \cdot 0,9 \cdot 5 = 0,01 \text{ т,}$$

де: $K_1 = 0,27$ – коефіцієнт, що залежить від умов зберігання сірководню (таблиця 2);

$K_3 = 0,036$ – коефіцієнт, що дорівнює відношенню порогової токсодоза хлору до порогової токсодоза сірководню (таблиця 7.2);

$K_5 = 0,23$ – коефіцієнт, що враховує ступінь вертикальної стійкості повітря для Ізотермії (п. 3.2. Методики прогнозування наслідків надзвичайних ситуацій на об'єктах морського транспорту);

$K_7^1 = 0,9$ – коефіцієнт, що враховує вплив температури повітря на швидкість утворення первинного хмари (таблиця 7.2);

$Q_0 = 5$ – кількість розливу при аварії сірководню, т.

Таблиця 7.2. Характеристики СДОР і значення допоміжних коефіцієнтів

Найменування СДОР	Щільність СДОР, т/ м ³		Температура кипіння, °С	Порогова токсодоза , мг·мин/л	Значення допоміжних коефіцієнтів							
	ізотермічне зберігання				K1	K2	K3	K7 для температури повітря (°C)				
								-40	-20	0	10	20
Сірководень	-	0,964	-60,35	16,1	0,27	0,042	0,036	<u>0,3</u> 1	<u>0,5</u> 1	<u>0,8</u> 1	<u>0,9</u> 1	<u>1</u> 1

Примітка:

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

2.3. Розрахунок площі розливу, тривалості вражаючої дії і еквівалентної кількості СДОР у вторинній хмарі.

Площа розливу S_p (м²) сірководню дорівнює:

$$S_p = \frac{V_p Q_0 / \rho}{h} = \frac{5 / 0,964}{0,05} = 103,7 \text{ м}^2,$$

де: V_p – обсяг розлитого сірководню, м³;

ρ = 0,964 – щільність сірководню, т/м³ (таблиця 7.2);

h = 0,05 – товщина шару сірководню, м.

Тривалість вражаючої дії СДОР визначається часом його випаровування з площі розливу і часом спаду концентрації СДОР до безпечного рівня після відходу хмари зараженого повітря від даної точки.

Розраховуємо тривалість вражаючої дії T (ч) сірководню:

$$T = \frac{h \cdot \rho}{K_2 \cdot K_4 \cdot K_7^{II} K_M} + \frac{1}{v_{II}} = \frac{0,05 \times 0,964}{0,042 \times 2,67 \times 1 \times 0,2} + \frac{1}{6} = 0,43 + 0,17 = 0,60 \text{ ч.},$$

де: K₂ = 0,042 – коефіцієнт, що залежить від фізико-хімічних властивостей сірководню (таблиця 2);

K₄ = 2,67 – коефіцієнт, що враховує швидкість вітру (таблиця 7.3);

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

$K_m = 0,2$ – коефіцієнт, що враховує вплив місцевості на швидкість розповсюдження хмари сірководню (таблиця 7.4);

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

Таблиця 7.3. Значення коефіцієнта K_4 залежно від швидкості вітру

Швидкості вітру (u), м/с										
K_4										

Таблиця 7.4. Значення коефіцієнта 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
Рівнинний, рідкісні дерева	0,5	0,6	0,6
Рівнинний, густий ліс	0,3	0,4	0,4
Горбистий, рідкісні дерева	0,2	0,3	0,4
Горбистий, густий ліс	0,1	0,2	0,3
Передгір'я, рідкісні дерева	0,1	0,2	0,3
Передгір'я, густий ліс	0,1	0,1	0,1
Рідкісні будівлі	0,2	0,3	0,4
Міська (промислова) забудова	0,2	0,2	0,3
територія порту	0,2	0,2	0,3

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

Ступінь вертикальної стійкості повітря	Швидкість вітру (u), м/с									
	1≤	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						

Розрахувати еквівалентну кількість сірководню Q_{32} (т) у вторинній хмарі:

$$Q_{32} = \frac{Q_0}{h \times \rho} \cdot (1-K_1) \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot K_7^{II} \cdot \frac{5}{0,05 \times 0,964} = (1-0,27) \cdot 0,042 \cdot 0,036 \cdot 2,67 \cdot 0,23 \cdot 1 \cdot 1 \cdot \frac{5}{0,05 \times 0,964} = 0,07 \text{ т,}$$

де: $K_6 = N^{0,8} = 1^{0,8} = 1$ – коефіцієнт, що залежить від часу N , минулого з моменту початку аварії (за умовою завдання $N = 1$ ч);

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

2.4. Визначення глибини і площі зони зараження.

Визначення глибини зони зараження первичною (вторинною) хмарию СДОР при аваріях на технологічних ємкостях, сховищах і транспорті ведеться з використанням таблиці 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 менш	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
6	0,15	0,34	0,48	1,09	1,53	2,66	3,43	4,88	7,20
7	0,14	0,32	0,45	1,00	1,42	2,46	3,17	4,49	6,48
8	0,13	0,30	0,42	0,94	1,33	2,30	2,97	4,20	5,92
9	0,12	0,28	0,40	0,88	1,25	2,17	2,80	3,96	5,60
10	0,12	0,26	0,38	0,84	1,19	2,06	2,66	3,76	5,31

Для $Q_{31} = 0,01$ т і швидкості вітру $u = 6$ м/с визначити глибину зони зараження первинною хмарию сірководню: $\Gamma_1 = 0,15$ км.

Для $Q_{32} = 0,07$ т і швидкості вітру $u = 6$ м/с шляхом інтерполювання визначити глибину зони зараження вторинною хмарою сірководню: $\Gamma_2 = 0,40$ км.

Визначаємо повну глибину зони зараження Γ_{Σ} (км), обумовленої впливом первинної та вторинної хмари сірководню:

$$\Gamma_{\Sigma} = \Gamma' + 0,5 \cdot \Gamma'' = 0,40 + 0,5 \cdot 0,15 = 0,48 \text{ км},$$

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

Визначити гранично можливе значення глибини переносу повітряних мас Γ_{Π} (км):

$$\Gamma_{\Pi} = N \cdot v_{\Pi} = 1 \cdot 6 = 6 \text{ км}.$$

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

$$\Gamma = \min \left\{ \begin{matrix} \Gamma_{\Sigma} \\ \Gamma_{\Pi} \end{matrix} \right\} = 0,48 \text{ км}.$$

Визначаємо площу зони можливого зараження S_B (км²) для первинної і вторинної хмари сірководню:

$$S_B = \pi \cdot \Gamma^2 \cdot \varphi / 360^0 = 3,14 \cdot 0,48^2 \cdot 45^0 / 360^0 = 0,09 \text{ км}^2,$$

де: $\Gamma = 0,48$ – розрахункова глибина зони зараження, км;

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

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

Швидкість вітру (u), м/с	$\leq$	0	1	$>$
	0,5	,	,	2
		6	1	
		-	-	
		1	2	
φ , град	36	1	9	4
	0	8	0	5
		0		

Визначаємо площу зони фактичного зараження S_f (км²):

$$S_f = K_8 \cdot \Gamma^2 \cdot N^{0,2} = 0,133 \cdot 0,48^2 \cdot 1^{0,2} = 0,03 \text{ км}^2,$$

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

2.5. Розрахунок глибини розповсюдження хмари СДОР в вражаючих концентраціях при смертельному, важкому, середньому і легкому ураженні.

Територія Можливого хімічного зараження є сектор, який має кутовий розмір $\phi = 45^\circ$ (таблиця 7.7) і радіус, дорівнює значенню розрахункової глибини зони зараження $\Gamma = 0,48$ км. Центр сектора збігається з джерелом зараження - місцем розливу сірководню. Бісектриса сектора збігається з віссю сліду хмари і орієнтована за напрямком вітру.

У районі хімічного зараження виділяють зони смертельної концентрації, важких, середніх і легких поразок.

Розраховуємо глибину зони смертельних поразок Γ_1 (км):

$$\Gamma_1 = \lambda \cdot K_M \cdot \left(\frac{Q_3}{D_1} \right)^\Psi = 1,20 \cdot 1,0 \cdot \left(\frac{0,08}{6} \right)^{0,537} = 0,12 \text{ км},$$

де: $\lambda = 1,20$; $\Psi = 0,537$ – коефіцієнти, залежні від швидкості вітру (таблиця 8);

$Q_3 = Q_{31} + Q_{32} = 0,01 + 0,07 = 0,08$ – загальне еквівалентну кількість сірководню, що перейшло у первинне і вторинне хмару, т;

$D_1 = 6$ – летальна токсодоза для хлору, мг.мин/л.

Розрахувати глибину зони важких уражень $\Gamma_{0,41}$ (км):

$$\Gamma_{0,41} = \lambda \cdot K_M \cdot \left(\frac{Q_3}{D_{0,41}} \right)^\Psi = 1,20 \cdot 1,0 \cdot \left(\frac{0,08}{2,4} \right)^{0,537} = 0,19 \text{ км},$$

де: $D_{0,41} = 0,4 \cdot D_1 = 0,4 \cdot 6 = 2,4$ - значення токсодози, відповідне 40% летальної токсодози для хлору, мг.мин/л.

Розраховуємо глибину зони поразок середньої важкості $\Gamma_{0,21}$ (км):

$$\Gamma_{0,21} = \lambda \cdot K_M \cdot \left(\frac{Q_3}{D_{0,21}} \right)^\Psi = 1,20 \cdot 1,0 \cdot \left(\frac{0,08}{1,2} \right)^{0,537} = 0,28 \text{ км},$$

де: $D_{0,2t} = 0,2 \cdot D_t = 0,2 \cdot 6 = 1,2$ - значення токсодози, відповідне 20% летальної токсодози для хлору, мг.мин/л.

Глибина зони легких поразок відповідає значенню розрахунковій глибині зони зараження $\Gamma = 0,48$ км.

Таблиця 7.8. Коефіцієнти λ и ψ , залежні від швидкості вітру

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

2.6. Розрахунок часу підходу зараженого повітря до об'єкта.

Час підходу хмари СДОР к заданого об'єкта t (ч) залежить від швидкості перенесення хмари повітряним потоком і визначається за формулою:

$$t = \frac{x}{K_m \cdot v_{\Pi}} = \frac{0,25}{1,0 \cdot 6} = 0,04 \text{ ч,}$$

де: $x = 0,25$ – відстань від джерела зараження до заданого об'єкта, км.

3. Висновки і рекомендовані заходи для зменшення людських втрат.

Проведена оцінка масштабів хімічного зараження території в результаті аварійного руйнування багатоелементного газового контейнера з сірководнем показала, що заражена хмара підійде до судна через 0,04 години. На підставі виконаних розрахунків можна зробити висновок, що судно знаходиться поза зоною вражаючих концентрацій хмари зараженого повітря.

Для зменшення можливих людських втрат необхідно, обмежити вихід членів екіпажу на палубу судна, контролювати напрям переміщення хмари зараженого повітря і концентрацію сірководню в повітрі.

Враховуючи, що час дії вражаючих концентрацій досить невелика - 0,60 години, слід протягом цього часу забезпечувати підвищену готовність екіпажу до виконання додаткових заходів, пов'язаних із загрозою хімічного зараження.

ВИСНОВОК

У дипломній роботі виконано комплексне опрацювання та дослідження етапів переходу судна "MSC Pegasus" за маршрутом Лісабон – Олександрія та розглянуті всі аспекти планування рейсу. За каталогом карт і книг зроблено добір карт, книг та посібників на маршрут. Виконана прокладка курсів, розраховане плавання по ним і природна освітленість за маршрутом переходу.

Виконана робота дозволила призвести навігаційну оцінку переходу і забезпечити безпеку плавання при його виконанні.

Вироблено розміщення вантажу по трюмах і виконаний розрахунок статичної остійності, з перевіркою поздовжньої міцності.

У дослідницькій главі розглядаються інтегровані методи підвищення паливної ефективності суден: оптимізація посадки та модернізація обводів носової частини.

Проведене дослідження підтверджує, що оптимізація посадки та модернізація обводів носової частини є ефективними інструментами підвищення енергоефективності суден, особливо в умовах експлуатації на знижених швидкостях за концепцією slow steaming. Використання сучасних CFD-методів дозволяє точно оцінити вплив диференту та конструктивних змін на опір і пропульсивні характеристики судна, що робить модернізацію більш прогнозованою та економічно обґрунтованою.

На прикладі т/х «MSC Pegasus» показано, що заміна носового бульба дозволяє досягти зниження добових витрат палива приблизно на 5%, а впровадження динамічного диферентування забезпечує додаткову економію залежно від осадки та швидкості. Комплексний підхід розглянутого типу є перспективним напрямом підвищення ефективності існуючого флоту без необхідності будівництва нових суден.

Також була зроблена оцінка економічної ефективності рейсу. Рейс виявився рентабельним. Розглядаються питання наслідків надзвичайної ситуації на об'єкті морського транспорту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Конвенція та кодекс з підготовки, дипломування моряків та несення вахти (ПДМНВ-78/95) – International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers, 1978/95 (STCW-78/95)
2. Резолюція ІМО А.893 (21) -1999 «Посібник з планування рейсу».
3. Рекомендації щодо організації штурманської служби на морських судах України (РШСУ-98). □Одеса: ЮжНИИМФ, 1998. □111с.
4. Посібник з процедур на містку — Bridge Procedure Guide. - International chamber of shipping. 1998. - 87 p.
5. Алексішин В.Г., Козир Л.А., Симоненко С.В. Навчальний посібник "Забезпечення навігаційної безпеки плавання ОНМА: изд. Одеса-«ТрансЛит», 2009. - 517с.
6. Aleksyshyn V.G. Practical navigation/ Aleksyshyn V.G., Dolgochub V.T. - 4th ed. - Odessa: Phoenix, 2011. - 374 p.
7. Practical navigation [Text]: training. manual / V. G. Aleksishyn, V. T. Dolgochub; Odesa Maritime National Academy. - 4th ed., Ex. and add. - O.: Phoenix, 2011. - 376 p.
8. Залізний Г.М. Судноводіям: Досвід та знання. Практичний посібник. Одеса: вид. КП ОГТ, 2008. – 522 с.
9. http://shturman-tof.ru/Slovar/Slovar_01.htm
10. Alan Murray. Astro Navigation From Square One To Ocean Master.- M-Y Books, 2013. - 445 p.
11. D.J. House. Seamanship Techniques. Shipboard and Marine Operations. 5th Editdion. 2018. - 922 p.
12. Михальчук В.В. Морехідна астрономія: конспект лекцій. - Одеса: ОНМА, 2003 - 55с.
13. Методичні вказівки для виконання магістерської роботи / Укл. І.І. Ворохобін та ін. –Одеса: НУОМА, 2023. – 96 с.

14. Л. Л. Николаєва Комерційна експлуатація судна: навч. [для студ. вищ. навч. зав.] / Л. Л. Николаєва. – Одеса: Фенікс, 2006. – 754 с.
15. Савчук В. Д. Технологія перевезення вантажів : підруч. / В. Д. Савчук. – Одеса: ВидавІнформ, 2008. – 335 с.
16. Мальцев А.С. Теорія та практика безпечного управління судном під час маневрування. Дис. докт. техн. наук: 05.22.16. Одеса, 2007. 395 с.
17. 17. М. Reichel. Trim Optimisation – Theory and Practice / M. Reichel, A. Minchev & N.L. Larsen // The International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation. – 2014. – Vol. 8, No. 3. – P. 388-392.
18. Правила класифікації та побудови морських суден. В 5-ти т. Том 2. – Київ: Регістр судноплавства України, 2014.
19. Довідник з теорії корабля: У трьох томах. Том 2. Статика судів. Качка судів / Под ред. Я. І. Войткунського.: Суднобудування, 1985. – 440 с.
20. Сізов В.Г. Теорія корабля: Підручник. Видання 4-те, перероблене та доповнене. – Одеса
21. How Vessel Trim Optimisation creates efficiencies [Електронний ресурс]. – Режим доступу:
<https://www.hapag-lloyd.com/zh/news-insights/insights/2017/03/how-vessel-trim-optimisation-creates-efficiencies.html>
22. Code on Intact Stability for All Types of Ships Covered by IMO Instruments. Resolution A.267(85). -London: International Maritime Organization, 2008. - 109 p
23. Регістр Судноплавства України. Правила класифікації та побудови морських суден.: У 5-ти т. Том 2. - Київ: Регістр судноплавства України, 2016.
24. M. Reichel. Trim Optimisation – Theory and Practice / M. Reichel, A. Minchev & N.L. Larsen // The International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation. – 2014. – Vol. 8, No. 3. – P. 388-392.
25. How Vessel Trim Optimisation creates efficiencies [Електронний ресурс]. – Режим доступу:

<https://www.hapag-lloyd.com/zh/news-insights/insights/2017/03/how-vessel-trim-optimisation-creates-efficiencies.html>

26. IMO Train the Trainer (TTT) Course on Energy Efficient Ship Operation. Module 4 – Ship Board Energy Management [Електронний ресурс]. – Режим доступу:
<http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Documents/Air%20pollution/M4%20energy%20management%20onboard%20final.pdf>
27. Кацман Ф.М. Пропульсивні якості морських суден/Ф.М. Кацман, А.Ф. Пустошний, В.М. Штумпф.: Суднобудування, 1972. – 510 с.
28. Довідник з теорії корабля: у 3 т. / За ред. Я.І. Войткунського. - Л.: Суднобудування, 1985. – Т. 1. – 768 с.
29. Schneekluth H. Ship Design for Efficiency and Economy / H. Schneekluth, V. Bertram. – Oxford: Butterworth-Heinemann, 1998. – 220 p.
30. Давидов І.Ф. Експериментальне дослідження удосконалених обводів тихохідного судна великої повноти/І.Ф. Давидов, А.В. Демидюк, О.В. Печенюк // Shipbuilding and Marine Infrastructure. – 2015. – № 2 (4). – С. 144–150.
31. Станков Б.М., Печенюк О.В. Оптимізація судових обводів: нові повноваження / О.В. Печенюк, Б.М. Верстатів // Суднобудування. – 2015. – № 3. – С. 15–19.
32. Aksenov A.A. Ship hull form design and optimization based on CFD / A.A. Aksenov, A.V. Pechenyuk, D. Vučinić // Towards Green Marine Technology and Transport – Proc. of 16th Int. Congress of IMAM (IMAM-2015). – Pula, Croatia, 21–24 September, 2015. – P. 215–223.
33. Печенюк О.В. Про підвищення ефективності пропульсивного комплексу шляхом удосконалення форми носового краю судна / О.В. Печенюк // Суднові енергетичні установки. – 2014. – № 34. – С. 87-97.

34. Історія розвитку контейнерного флоту. Типи контейнеровозів.
[Електронний ресурс] – 2013р. – Режим доступу:
http://www.midships.ru/articles/Containership_history.html
35. <https://unctad.org/en/pages/> - Review of Maritime Transport 2018 (Обзор морского транспорта)
36. Вінніков В.В. Економіка підприємства морського транспорту (економіка морських перевезень): - 3 видавництва, перероб. дод. - О.: Фенікс, 2011. – 944 с.
37. Дем'янченко А.Г., Сотниченко Л.Л. Вдосконалення організаційно-економічного механізму управління розвитком підприємств морської галузі / кол. монографія за ред. А. Г. Дем'янченко. – Одеса: НУ «ОМА», 2017. – 325 с.
38. Сотниченко Л.Л., Бабаченко М.В. Економіка водного транспорту: методичні вказівки розрахункової роботи. – Одеса: НУ «ОМА», 2017, с. 20.
39. Міжнародний кодекс остійності суден в непошкодженному стані 2008 року (Кодекс ОСНС 2008 року) (резолюція MSC.267 (85) з поправками) - 3-є изд., Доп. - СПб .: АТ "ЦНИИМФ", 2016. - 242 с.
40. МАРПОЛ 73/78. Додатку V до Міжнародної Конвенції щодо запобігання забрудненню з суден 1973 р., виправленої Протоколом 1978 р.
41. Терновський В. Б. Методичні вказівки щодо виконання розділу дипломної роботи «Охоронні заходи та цивільна оборона на судні» / В. Б. Терновський – Одеса: НУОМА, 2015. – 75 с.