

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

Найденко Олексій Андрійович

(прізвище, ім'я по-батькові)

Тема роботи Комплексне опрацювання та дослідження етапів переходу судна
“Golden Shiner” за маршрутом Джебель Дханна – Сінгапур

Підпис магістранта Найденко О.А.

Завідувач кафедри _____

Керівник Мальцев А.С.

Рецензент _____

Нормоконтроль _____

м. Одеса
2025 рік

Магістерська робота містить 123 с., 26 рис., 50 таб., 43 використаних джерел.

В даній дипломній роботі виконана комплексна проробка рейсу судна т/х «Golden Shiner» з порту Джебель Дханна (порт навантаження) в порт Сінгапуру (порт вивантаження). Період рейсу з 04.11.25 по 14.11.25. Маршрут плавання проходить в басейні Індійського океану.

У дослідницькому розділі розглянуто теоретичні та прикладні аспекти визначення полюса повороту судна під час маневрування в обмежених умовах. Наведено математичні моделі для розрахунку координат ПП на основі сумарних поперечних сил і моментів, а також метод визначення ПП за тангенціальними швидкостями точок носового та кормового перпендикулярів. Викладено алгоритм технічної реалізації пристрою для автоматичного розрахунку положення ПП та оцінки ширини маневрового зміщення. Результати роботи демонструють, що використання координати полюса повороту як нормованого параметра повороткості дозволяє значно підвищити точність прогнозування траєкторії судна та рівень безпеки при швартових і буксирних операціях.

The master's thesis contains 123 pages, 26 figures, 50 tables, 43 used sources.

In this diploma paper the complex flight of the «Golden Shiner» ship from Jebel Dhanna port (loading port) to Singapore port (unloading port) was completed. Flight period from 04.11.25 to 14.11.25. The itinerary runs in the Indian Ocean.

This chapter examines the theoretical and practical aspects of determining the turning pole of a ship during manoeuvring in confined waters. Mathematical models for calculating the turning pole (TP) based on the resultant transverse forces and moments are presented, along with a method for determining the TP using tangential velocities measured at the bow and stern perpendiculars. An algorithmic structure and technical design of a device for automatic TP calculation and manoeuvring-strip width estimation are provided. The results demonstrate that the turning pole coordinate can serve as a reliable steering criterion, improving trajectory prediction accuracy and enhancing navigational safety during tug-assisted manoeuvres and berthing operations.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1 ХАРАКТЕРИСТИКИ СУДНА	9
1.1 Загальні відомості і головні розміри судна	9
1.2 Транспортно-експлуатаційні характеристики	10
1.3 Маневрені характеристики.....	14
1.4 Навігаційне обладнання.....	17
РОЗДІЛ 2 АНАЛІЗ, ОЦІНКА ТА ПЛАНУВАННЯ НАВІГАЦІЙНОГО ПЕРЕХОДУ.....	19
2.1 Загальні вимоги до аналізу та плануванню навігаційного переходу.....	19
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	27
2.2.3 Збір та аналіз навігаційної інформації при прибережному плаванні	29
2.3 Навігаційні розрахунки для забезпечення безпеки плавання.....	35
2.3.1 Розрахунок ортодромії.....	35
2.3.2 Складання маршрутних листів	38
2.3.3 Графічний план переходу.....	38
2.3.4 Розрахунок природної освітленості	40
2.3.5 Розрахунок висот приливів та побудова графіків приливів	41
2.4 Висновки	44
РОЗДІЛ 3 ОБРОБКА І РОЗМІЩЕННЯ ВАНТАЖУ	45
3.1 Транспортні характеристики вантажів	45
3.2 Підготовка вантажних приміщень до прийому вантажів та документальне оформлення морського перевезення	48
3.3 Розрахунок чистої вантажопідйомності судна.....	52
3.4 Складання вантажного плану.....	56
3.5 Характеристика експлуатаційних умов рейсу	58

РОЗДІЛ 4 ОЦІНКА МОРЕХІДНИХ ЯКОСТЕЙ СУДНА.....	60
4.1 Розрахунок водотоннажності й координат центра ваги судна.....	60
4.2. Розрахунки посадки і початкової остійності.....	63
4.3 Контроль остійності за матеріалами Інформації	66
4.4 Розрахунок і побудова діаграм остійності.....	67
4.5 Розрахунки нормованих параметрів остійності.....	69
4.6 Перевірка виконання рекомендованих ІМО критеріїв остійності	72
4.7 Перевірка загальної подовжньої міцності корпусу	73
РОЗДІЛ 5 МЕТОДИ ТА ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ ВИЗНАЧЕННЯ ПОЛЮСА	
ПОВОРОТУ СУДНА ПРИ МАНЕВРУВАННІ.....	99
5.1 Теоретичні основи та параметри визначення полюса повороту судна	75
5.2 Пристрій для визначення положення ПП при використанні буксирів.....	79
5.3 Визначення ПП за тангенціальними швидкостями кінцівок судна	85
5.4 Вплив абсциси ПП на ширину маневрового зміщення	91
РОЗДІЛ 6 Розрахунок економічних показників роботи судна в рейсі	99
6.1 Аналіз стану ринку танкерного тоннажу.....	99
6.2 Розрахунок кількісних та якісних показників роботи судна в рейсі	100
6.3 Прогнозування роботи судна, оцінка ефективності рейсу	104
РОЗДІЛ 7 ОХОРОННІ ЗАХОДИ І ЦИВІЛЬНА ОБОРОНА НА СУДНІ	108
7.1. Прогнозування наслідків надзвичайної ситуації на об'єкті морського	
транспорту.....	108
Висновок	118
Список використаних джерел	120

ВСТУП

Безпека мореплавання - це комплексна багатоаспектна проблема, яка вирішується з використанням багатьох різноманітних способів і методів.

Штурман бере інформацію з усіх доступних джерел. Професійний штурман постійно визначає позицію судна, заздалегідь визначає небезпеку, та завжди на крок попереду судна. Штурман має розуміти концепт багатьох навігаційних систем що використовуються на даний час, оцінювати їх точність, та приймати найкращі рішення виходячи з цього.

Ефективність та безпека маневрування судна в обмежених умовах значною мірою визначаються точністю оцінки його кінематичних параметрів, зокрема положення полюса повороту (ПП) — точки, відносно якої здійснюється обертання судна під дією внутрішніх і зовнішніх сил. Невірне уявлення про фактичну точку обертання призводить до спотвореного сприйняття траєкторії та може стати причиною аварійної ситуації, особливо при проходженні вузькостей, операціях швартування та роботі з буксирами.

У судноводінні широко застосовуються методи оцінки повороткості на основі геометричних характеристик циркуляції, однак вони не дозволяють визначати положення ПП у режимах, близьких до маневрування в порту. Значний вплив зовнішніх факторів — вітру, течії, дії буксирів — та нелінійна зміна гідродинамічних сил роблять традиційні методи недостатньо інформативними.

У цьому розділі розглянуто сучасні теоретичні моделі і технічні засоби визначення полюса повороту судна, а також запропоновано алгоритми та пристрої, що дають змогу отримувати його координати в реальному часі. Особлива увага приділена методам:

- визначення ПП за рівнодіючою поперечних сил,
- визначення ПП за тангенціальними швидкостями кінців корпусу,
- оцінки ширини маневрового зміщення залежно від положення ПП.

Розглянуті підходи дозволяють удосконалити інформаційне забезпечення управління рухом судна, підвищити якість планування маневрів та забезпечити необхідний рівень навігаційної безпеки під час проводки в складних умовах.

РОЗДІЛ 1

ХАРАКТЕРИСТИКИ СУДНА

1.1 Загальні відомості і головні розміри судна

Таблиця 1.1 – Основні відомості про судно

1.	Назва судна	GOLDEN SHINER
2.	Тип судна	Tanker
3.	Позивний сигнал судна	V7DV7
4.	ІМО	9321562
5.	ММСІ	538005439
6.	Рік і місце побудови	2007, ONOMICHI DOCKYARD у Кобе, Японія
7.	Клас Регістру	DET NORSKE VERITAS
8.	Порт приписки	Сінгапур
9.	Судновласник	PRIME TANKER MANAGEMENT - АФІНІ, ГРЕЦІЯ
10.	Менеджмент	PRIME TANKER MANAGEMENT - АФІНІ, ГРЕЦІЯ
11.	Довжина найбільша L (м)	274,19
12.	Довжина між перпендикулярами L _{PP}	264
13.	Ширина найбільша B (м)	50
14.	Висота борту до верхньої палуби H (м)	23,10
15.	Найбільша осідання T (м)	T _{тр} = 17,528; T _л = 17,171; T _з = 16,814
16.	Осадка T (м) в повному вантажу и порожньому	T _{max} = 17,528; T _{min} = 6,07
17.	Водотоннажність (т) в повному вантажу Δ порожньому Δ _о	195456 26279,50
18.	Повна вантажопідйомність Δ _w (т)	169175
19.	Головний двигун: тип: потужність: частота обертання:	B & W 6S70MC-C 18660 kW × 91 min

20.	Режим роботи головного двигуна	повний вперед - 76 об / хв; малий вперед - 47 об / хв; найменший вперед - 30 об / хв; найменший тому - 30 об / хв; малий назад - 47 об / хв; повний назад - 68 об / хв;
21.	Швидкість судна	14,2 / 15,3
22.	Гребний гвинт: Кількість лопастей: Діаметр та крок гвинта (м) Дискове відношення: Напрямок обертання:	4 (0.7P) - 8,200 мм × 5,811 0.7087 праве
23.	Тип руля і площа його пера (м ²)	напів-збалансований, S = 65,199
24.	Тип стернової машини: Підрулюючий пристрій:	аксіально-поршневий насос +1200 RPM 90 kW
25.	Суднова радіостанція: Склад суднової радіоапаратури відповідає вимогам району A1, A2, A3, A4 та включає в себе:	Furuno FM-8800S VHF GMDSS DSC
26.	Валова реєстрова місткість (GRT)	84735
27.	Чиста реєстрова місткість (NRT)	54305
28.	Добова витрата палива: На ходу: важке паливо (HFO) На стоянці: дизельне паливо (DO)	60 (в вантажу), 45 (в баласті) 12
29.	Координати центру мас порожнього судна	Z = 12,31 X = - 9,28 м

1.2 Транспортно-експлуатаційні характеристики

Схематичне креслення бічного виду судна наведено на рис. 1.1;

План верхньої палуби із зазначенням розміщення вантажних стріл і кранів, їх вантажопідйомності в робочій зоні, включаючи винесення за борт, наведено на рис. 1.2;

Вантажна шкала представлена на рис. 1.3;

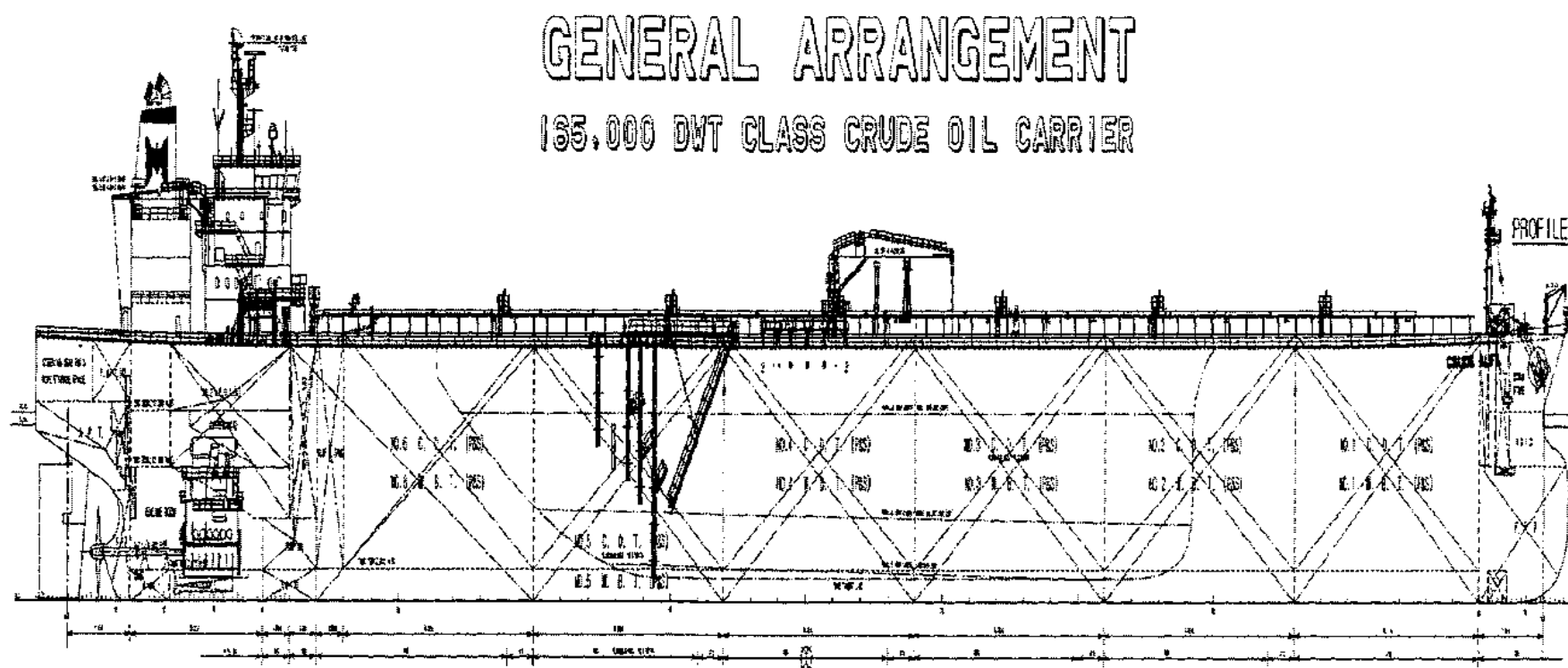


Рисунок 1.1 - Схематичне креслення бічного виду судна

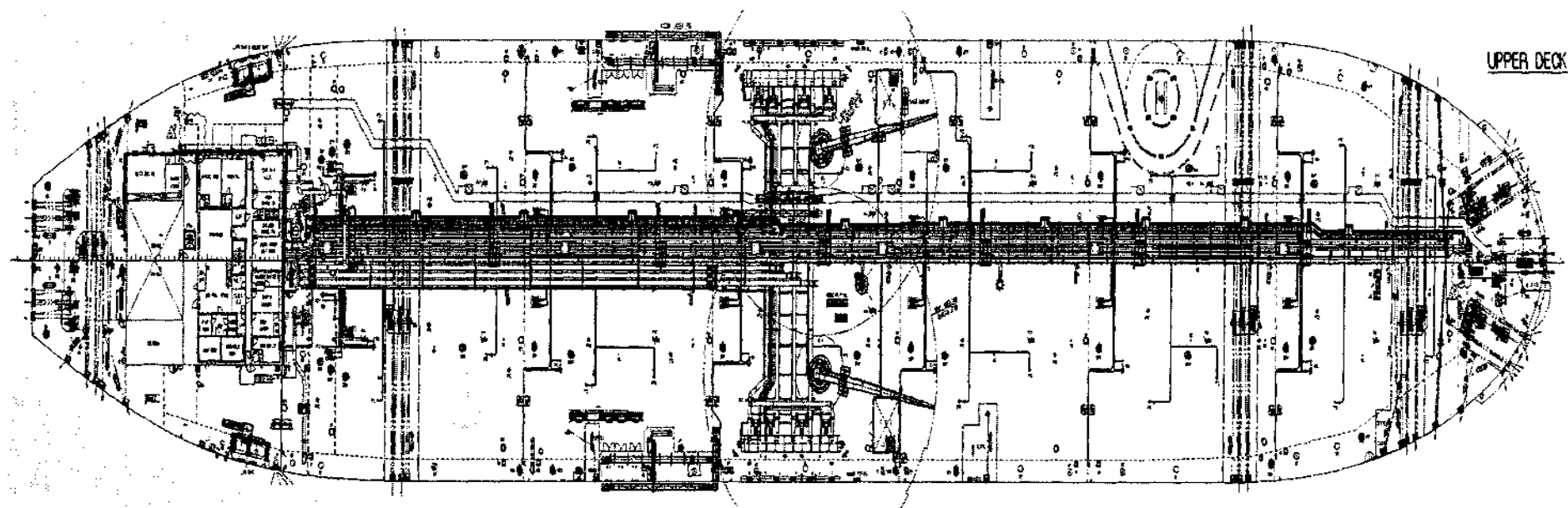


Рисунок 1.2 - План верхньої палуби судна

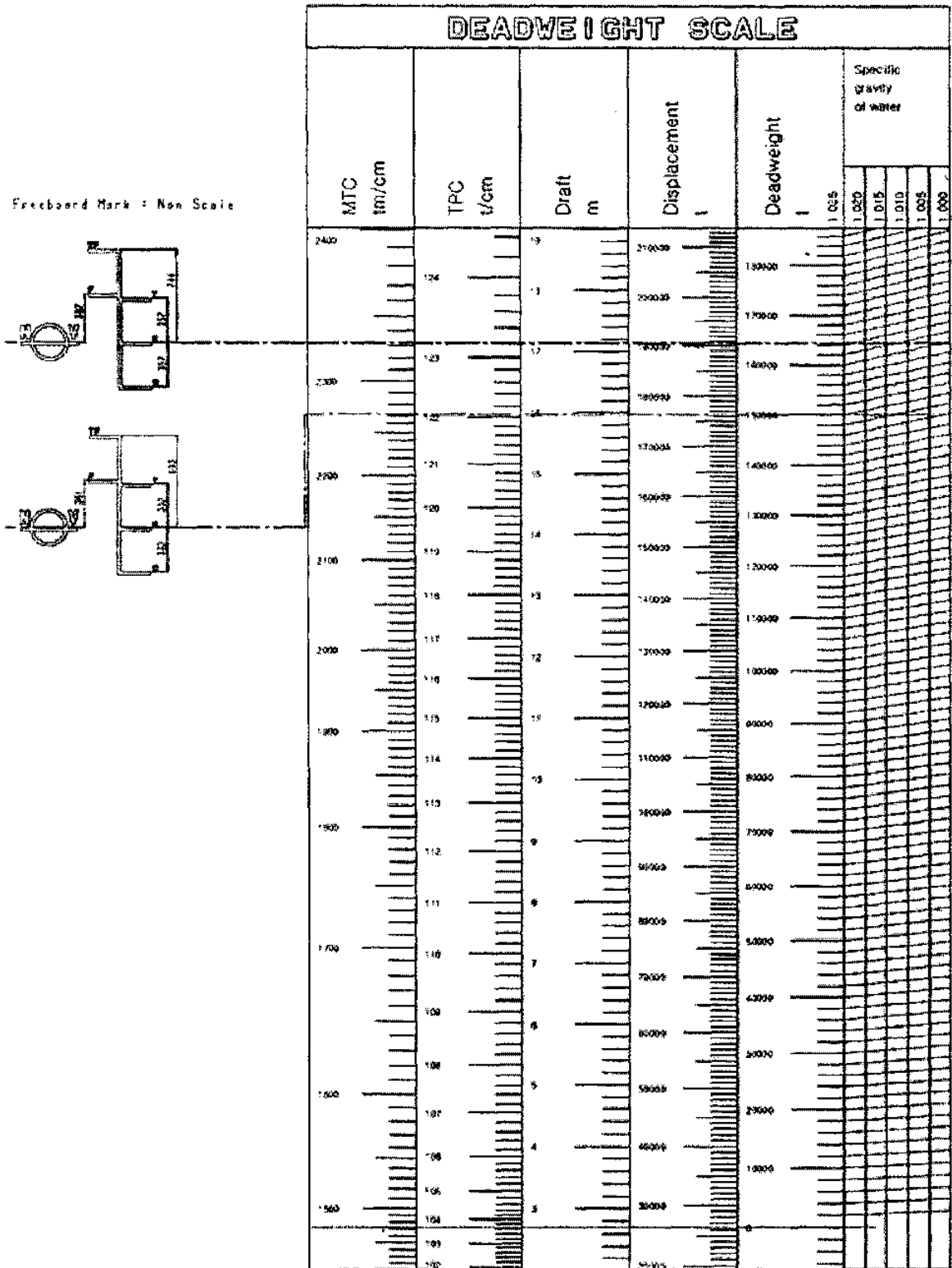


Рисунок 1.3 - Вантажна шкала

SHIP'S PARTICULARS:				PORT: in/out	
Name: GOLDEN SHINER		Flag: Marshall Islands		Call sign: V7DV7	
Displacement: 176268 tonnes		Deadweight: 149999 tonnes		year built: 2007	
Length OA: 274.19 (m)		Breadth: 50 (m)		Bulbous bow: yes	
Draught fwd: - (m)		Draught aft: - (m)		Draught amidships: - (m)	
Port anchor: 357.5 (shackles)		Stbd anchor: 358 M (shackles); (1 shackles = 27.5m)			

Parallel W/L

loaded: - m

Ballast: - m

Freeboard: - m

Air Draught: 43.86 m

50.50 m

ENGINE:					
Type: DIESEL		Maximum power: 18660 kW		(HP) 	
	rpm / pitch	loaded speed	ballast speed		
full ahead	76	12.7 kts	14.2 kts	Engine critical rpm: 36-44	
half ahead	61	10.2 kts	11.4 kts	Max.No of consecutive starts: 23	
slow ahead	47	7.8 kts	8.8 kts		
Dead slow ahead	30	6.2 kts	6.4 kts		
Dead slow astern	30				
slow astern	47				
half astern	61			Time limit astern: No limits (min)	
full astern	68	81 (% of full ahead power)		Time full ahead to full astern: 320 (sec)	

STEERING:			
Rudders: 1 (number)		SEMI-BAL (type)	
Time hard-over to hard-over: 25 sec		Rudder angle for neutral effect: 0 °	
Propellers: 1 (number)		Direction of turn: RIGHT	
Thrusters: NIL (number)		Bow power: (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	
Echo sounder		single axis / dual axis	
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: 	
		VHF	
		Flags	
		Whistle	
		Engine telegraphs: 	

EQUIPMENT DEFECTS RELEVANT TO SAFE NAVIGATION & OTHER IMPORTANT DETAILS:

Рисунок 1.4 - Лоцманська картка

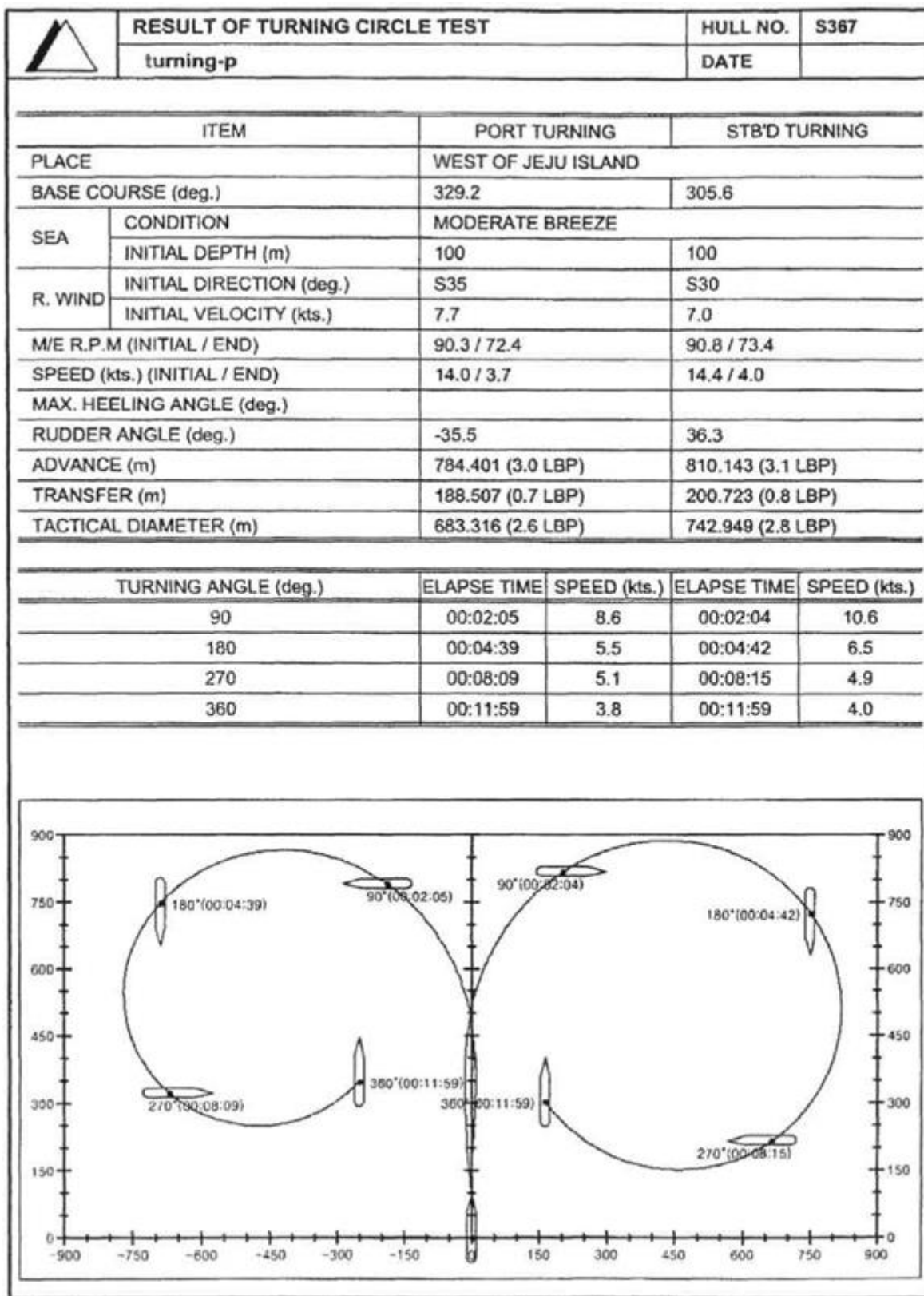


Рисунок 1.5 – Криві циркуляції

1.4 Навігаційне обладнання

Таблиця 1.3 - Склад навігаційного обладнання на містку

No	Прилад	Тип, марка	Виробник	Кіл-сть	Стан
1	RADAR No1	RL150X-Band	FURUNO		V.GOOD
2	RADAR No2	RL150S-Band	FURUNO		V.GOOD
3	ECDIS	FMD-3200	FURUNO	2	V.GOOD
4	NAVIGATION	NDC-1092	KONGSBERG		V.GOOD
6	GPS No1	GP-32	FURUNO		V.GOOD
7	GPS No2	GP-32	FURUNO		V.GOOD
8	CONNING DISPLAY	NWU-198	FURUNO		V.GOOD
9	ECHO SOUNDER	FE-800	FURUNO		V.GOOD
10	SPEED LOG	LOGDS-80	FURUNO		V.GOOD
11	GYRO COMPASS	GY-700	FURUNO	2	V.GOOD
12	AUTOPILOT	PT500A-H-T2	KONGSBERG		V.GOOD
13	MAGNETIC COMPASS	NAVIPOLIV	Riken-Keiki		V.GOOD
14	WIND INDICATOR	WI-6206	FURUNO		V.GOOD
15	UPS	ESCORT-1000	FURUNO		V.GOOD
16	CONSOLE	7EZNB0003	KONGSBERG		V.GOOD
17	FACSIMILE RECEIVER	FAX-410	FURUNO		V.GOOD
18	MASTER CLOCK	SSC-MQ1	FURUNO		V.GOOD
19	GMDSS VHF	FM-4721	FURUNO	3	V.GOOD
20	NAVTEX RECEIVER	NX-700B	FURUNO		V.GOOD
21	GMDSS SATCOM C	JUE-75C	FURUNO		V.GOOD
22	MF/HF RADIO EQUIPMENT	FS-1575	FURUNO		V.GOOD
23	406MHZ SATELLITE EPIRB	JQE-3A	FURUNO		V.GOOD
24	SART	JQX-30A	FURUNO	2	V.GOOD
25	GMDSS PORTABLE W/T	JHS-7	FURUNO	3	V.GOOD
26	AIS	FA-150	FURUNO		V.GOOD
27	INM-B FAX	OKIFAX-460	FURUNO		V.GOOD
28	INM-B TELEFAX	PCU9000	FURUNO		V.GOOD
29	INM-B TELEPHONE	FELCOM-19	FURUNO		V.GOOD
30	INTERSHIP WALKIE TALKIES	HX290	MOTOROLA, VERTEX	4	V.GOOD
31	PUBLIC ADDRESS SYSTEM	MPA-3000	MPC		V.GOOD
32	FIRE CONTROL PANEL	SG-6800	FURUNO		V.GOOD
33	DAYLIGHT SIGNAL LAMP	DDS-84A	FURUNO		V.GOOD
34	COURSE RECORDER	KR100A	FURUNO		V.GOOD

На плані навігаційної палуби (рис. 1.6) наведено перелік навігаційного обладнання, пронумерованого відповідно до табл. 1.3.

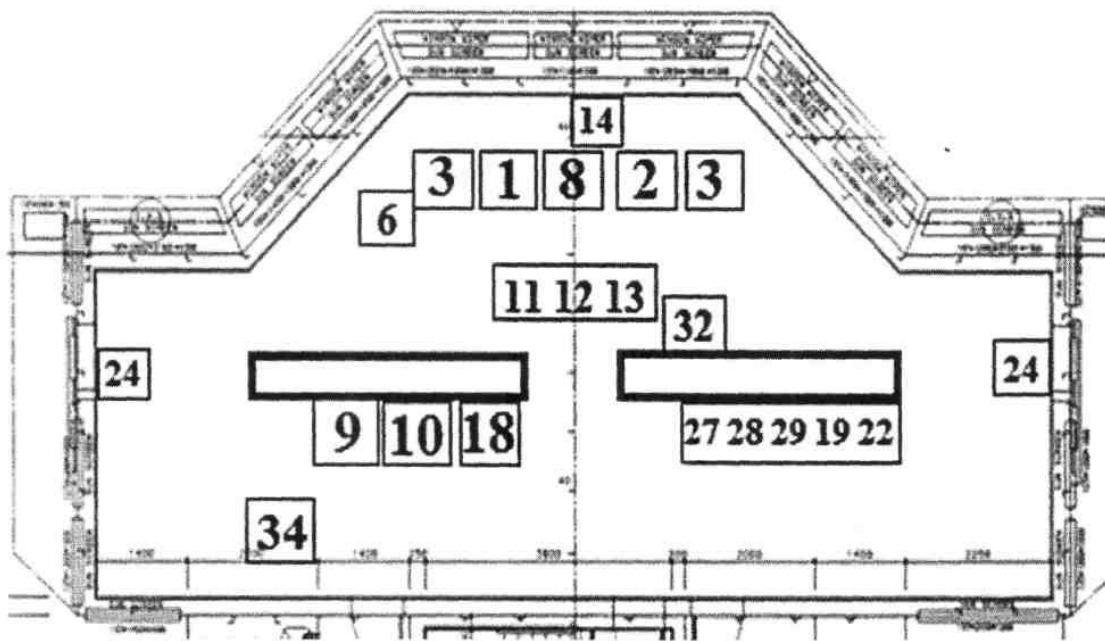


Рисунок 1.6 - План навігаційної палуби

РОЗДІЛ 2

АНАЛІЗ, ОЦІНКА ТА ПЛАНУВАННЯ НАВІГАЦІЙНОГО ПЕРЕХОДУ

2.1 Загальні вимоги до аналізу та плануванню навігаційного переходу

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

- Міжнародна Конвенція з охорони людського життя на морі 1974 р. (SOLAS-74), Розділ V «Безпека мореплавства»;
- 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.

У розділі А-VIII / 2, частина 2 «Кодексу» вказується:

1. Майбутній рейс має плануватися заздалегідь, беручи до уваги всю наявну до цього інформацію;
2. Старший механік повинен, проконсультувавшись з капітаном, визначити заздалегідь потреби майбутнього рейсу, беручи до уваги потреби в паливі, воді, мастильних матеріалах, хімікатах, витратних та інших запасних частинах, інструментах, 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 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. По завершенні перевірки запланованого шляху, беручи до уваги всю що до нього інформацію, запланований шлях повинен бути прокладений на відповідних картах і бути постійно доступним для вахтового помічника капітана, який до того як лягти на відповідний курс, зобов'язаний перевірити його;

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

Відповідно до вказівок «Резолюції» планування переходу і його виконання включає в себе чотири послідовних фаз:

Існують чотири стадії планування безпечного переходу:

I. Appraisal (Оцінка).

II. Planning (Планування).

III. Execution (Виконання).

IV. Monitoring (Контроль).

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

2.2 Оцінка запланованого переходу

Приведемо конкретну інформацію, що відноситься до опрацьовуваного переходу, що відповідає етапу "Passage Plan Appraisal". Для цього проведемо підбір навігаційних і допоміжних карт, посібників і публікацій на заданий перехід по Каталогю Адміралтейських карт і публікацій (Catalogue of Admiralty Charts and Publications) щорічно видаваних Гідрографією Великобританії.

Відомості про підібрані карти і книги зведені в таблиці 2.1 і 2.2.

Таблиця 2.1 – Перелік карт на перехід

Тип карти	Cell No.	Назва карти	Дата випуску
Генеральні карти	4071	Indian Ocean – Northern Part	07.2021
	4705	Arabian Sea	07.2011
	4706	Bay of Bengal	09.2011
Путьові, часні карти и плани	3780	Approaches Jabal Az Zannah and Ar Ruays	03.2019
	2441	Jaziren-ye Tonb-e Bozorg to Jaziren-e Forur	03.2019
	2444	Eastern Approaches to Jazirat Das and Jazirat Halul	03.2019
	3178	Approaches to Mubarras Terminal Including Zaggum Traffic Seperation	03.2019
	3175	Jazirat Al Hamra to Dubai	11.2021
	3174	Western Approaches to the Strait of Hormuz	11.2021
	3172	Strait of Hormuz	06.2020
	3520	Khawr Kalba and Dawhat Diba to Gahna Shoal	07.2020
	707	Mumbai (Bombay) to Muscat (Masqat)	06.2018
	813	Colombo to Sangama Kanda Point	07.2014
	830	Andaman Sea	03.2014
	2777	Indira Point to Teluk Aru and Ujung Kareueng	05.2014
	1353	Tanjung Jamboaye to Permatang Sedepa (One Fathom Bank)	05.2013
	3920	Ujung Peureula to Teluk Aru	06.2019
	3921	Teluk Aru to Kualatanjung	06.2019
	3945	Kepulauan Sembilan to Port Klang including Pandang and Pulau – Pulau Aruah	12.2018
	2139	Approaches to Pelabuhan Klang	12.2020
	3947	Malaka to Singapore Strait	02.2019
	4039	Western Approches to Main Strait	12.2021
	4040	Tuas View to Pulau Sakijang Benedera	12.2021
	4030	West Jurong Anchorages and Faiways	10.2020
	4031	South Jurong Island and its Approaches	10.2020
	4032	Sinki Fairway	11.2020

	4034	East Jurong Chanel, Pasir Panjang Terminal and West Keppel Fairway	11.2020
Допоміжні карти	5102	Mooring and Manoeuvring Board	2005
	5118	Singapore Strait and Eastern Approaches	2003
	5502	Mariners Routeing Guide – Malacca & Singapore Straits	2014
	D.6083	The Word - Load Line Regulations - Zones, Areas and Seasonal Periods	2018
	5006	The World - Time Zone Chart	2016
	5307	The World - Main Ocean Routes : Power Vessels	2015
	5310	The World - General Surface Current Distribution	1995
	5000	Azimuth Diagram - modified Weir(Lat. 0° to 65°)	1998
	5084	Co - tidal and Co - range lines - Malacca Strait	2017

Таблиця 2.2 – Перелік публікацій на перехід

NP No	TITLE
1	2
SAILING DIRECTIONS	
63	Persian Gulf Pilot
38	West Coast of India Pilot – Maldives, Lakshadweep, Sri-Lanka, with Palk Bay; the West coast of India, the coast of Pakistan
21	Malacca Strait and West Coast of Sumatera Pilot – Malacca Strait and its northern approaches, Singapore Strait, the west coast of Sumatera and including Cocos Islands
36	Indonesia Pilot, Vol.1 – West coast of Jawa, the north coast of Jawa eastwards to Tanjung Awarar, the south and east coasts of Sumatera, Selat Bangka, Karimata, the south and west coasts of Kalimantan, Pulau-pulau Badas and Tambelan, Pulau-pulau Lingga and Riau, with the various routes leading to Singapore and South China Sea.
ADMIRALTY LIST OF LIGHTS AND FOG SIGNALS	
77	Eastern Atlantic Ocean, Western Indian Ocean and Arabian Sea
79	Bay of Bengal and Pacific Ocean, North of the Equator
ADMIRALTY LIST OF RADIO SIGNALS	
281(1)	Part 1, Maritime Radio Stations: Europe, Africa and Asia (Excluding Far East)
281(2)	Part 2, Maritime Radio Stations: Americas, Far east and Oceania
282	Volume 2 – Radio Navigational Aids, Electronic Position Fixing Systems and Radio Time Signals
283(1)	Part 1, Maritime Safety Information Services: Europe, Africa and Asia (Excluding Far East)

Продовження табл. 2.2

1	2
283(2)	Part 2, Maritime Safety Information Services: Oceania, the Americas and Far East
284	Meteorological Observation Stations
285	Global Maritime Distress and Safety System(GMDSS)
286(4)	Part 4, Pilot Services, Vessel Traffic Services and Port Operations: Asia and Australasia
286(3)	Part 3, Pilot Services, Vessel Traffic Services and Port Operations: Mediterranean and Africa (incl. Persian Gulf)
288	Satellite Navigation Systems
ADMIRALTY TIDE TABLES	
203	Indian Ocean and South China Sea(Including Tidal Stream Tables)
ASTRONOMICAL PUBLICATIONS	
314-00	Nautical Almanac
303 (4)	Sight Reduction Forms (H.494)
323	Star Finder and Identifier
MISCELLANEOUS PUBLICATIONS	
100	The Mariners Handbook
136	Ocean Passages for the World(4th Edition, 1987)
131	Catalogue of Admiralty Charts and Publications
735	IALA Maritime Buoyage System, Edition 5 1994
5011	Symbols and Abbreviations used on Admiralty Charts, Edition 2
Fairplay 2016 - World Shipping Encyclopedia	
Ports Guide	

2.2.1 Підготовка для прийому та обміну навігаційною інформацією на переході

В даний час всі завдання отримання, передачі інформації на судах вирішуються штурманським складом в процедурах і з використанням апаратних засобів GMDSS. Однією з функцій GMDSS є передача на судна в море інформації з безпеки мореплавання (ІБМ). Збором, координацією і передачею ІБМ займається служба безпеки SafetyNET, що є складовою

частиною GMDSS. Структура SafetyNET і завдання, які вирішуються службою, викладені в керівництві IMO International SafetyNET Manual.

Інформація з безпеки на морі (ІБМ, Maritime Safety Information-MSI) включає:

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

Збір і поширення інформації по навігаційних попереджень забезпечується Всесвітньою службою навігаційних попереджень (ВЗНП), (WWNWS - World Wide Navigational Service) на основі функціонального керівництва Міжнародної гідрографічної організації (ІНО - International Hydrographic Organization).

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

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

Для координації передач ІБМ весь світовий океан розділений на 21 морський район, званих NAVAREA (або METAREA) і які позначаються римськими цифрами. У кожному з цих районів є країна - координатор відповідальна за збір, аналіз і передачу навігаційної інформації.

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 з/п	Радіо станція	Позначення і межі карти	Зміст передачі	Час передачі
----------	------------------	----------------------------	-------------------	-----------------

1	New Dehli	A 1:20 000 000 45°N 30°E; 45°N 125E° 25°S 30°E; 25°S 125E° B 1:20 000 000 40°N 30°E; 40°N 125E° 0°30°E; 0° 125E°	Surface analysis Significant Weather Prognosis for period 0300-1500 for period 0900-2100 for period 1500-0300 for period 2100-0300	0011(18) 0634(06) 1820(12) 0130(18) 0834(00) 1324(06) 2040(12)
2	Beijing	A1 1:30 000 000 N Hemisphere F 1:20 000 000 43°N 41°E; 20°N 160E° 5°S 33°E; 4°S 130E°	36&48 hour surface prognosis 48 hour surface prognosis	0134(12) 0428(18)

Для прийому текстової інформації про погоду - прогноз, аналіз, метеопопереджень, - зазвичай не підбирають спеціальних станцій, оскільки випуски NAVAREA і NAVTEX містять її в достатній кількості. З посібника ALRS 285 вибираємо інформацію про райони NAVAREA і станціях NAVTEX по маршруту переходу. Дані зводимо в таблицю 2.4.

Таблиця 2.4 - Райони NAVAREA, станції NAVTEX на переході

N з/п	Ділянка переходу	Район NAVAREA	Станції NAVTEX	Координатор NAVAREA
1	2	3	4	5
1	Персидська Затока	IX	Bandar Abbas [F]	Pakistan
2	Затока Омана	IX	Masqat [M]	Pakistan
3	Зах. Узбережжя Індостану	VIII	Mumbai(Bombay) [G]	India

Продовження табл. 2.4

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

4	Малаккська протока	XI	Penang [U]	Malaysia
5	Сінгапур	XI	Singapore(Jurong) [C]	Singapore

У плані підготовки до обміну інформацією з береговими контрольними постами, лоцманськими станціями, операторами портових терміналів в портах заходу 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

N п/п	Станція	Спосіб Зв'язку	Канали, частоти	Примітка
1	Fujayrah Pilots & Port	VHF	69, 72 16, 18A, 66A, 79A	Approach, berthing, unberthing. Cargo Operations Ch16 H24
2	Singapore Pilots and Port	VHF	16; 12; 13; 09	Call sign, name of ship, IMO number, Next port of Call, ETA, LOA,Draught

Таблиця 2.6 – СУРС по маршруту переходу

№	Traffic separation scheme	Station	VHF	Reporting point description
1	Hormuz Strait	Hormuz VTS	66, 16	Reporting system area H24, Mandatory report
2	Singapore Strait	VTIS west(STRAIREP) sector 1-9	14, 10, 22, 12, 20	Reporting system area H24, Mandatory report

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

Вивчення, аналіз та короткий опис гідрометеорологічних умов по маршруту на жовтень місяць плавання включають наступні елементи:

- Загальна характеристика,
- Атмосферний тиск і вітри,
- Тропічні циклони,
- Хмарність та опади,
- Тумани і видимість,
- Температура і вологість.

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.

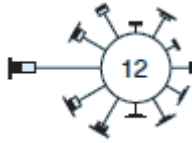
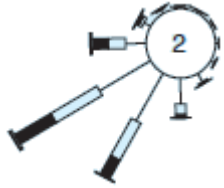
Для району Оманської н Перської заток характерні наступні типи погоди: зимовий антициклоніческій, зимовий Циклонічний, річний антициклоніческій н річний Циклонічний. В Аравійському морі спостерігається мусонний тип погоди.

Час переходу в даному районі збігається з періодом зміни від річного антициклоніческого до зимового циклонічних.

Мусонний тип погоди, спостережуваний в Аравійському морі, пов'язаний із сезонним розподілом над Азіатським материкам областей низького і високого тиску.

Температура і вологість повітря. Висока температура повітря є відмінною рисою клімату Оманської і Персидської заток; цей район - один з найбільш спекотних у Світовому океані.

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

Характеристик и за ділянками	Оманська затока			Індійський океан			Сінгапур		
1	2			3			4		
Атмосферний тиск, гПа	1018			1014			1010		
Вітер									
Направлення вітру	Повторюваність вітру, %			Повторюваність вітру, %			Повторюваність вітру, %		
	Сумарн а	11-15 м/с	>16 м/с	Сумар на	11- 15 м/с	>16 м/с	Сума рна	11-15 м/с	>16 м/с
N	18	4	2	1	-	-	4	-	-
NE	26	12	6	4	-	-	7	-	2
E	6	2	-	3	-	-	7	-	-
SE	7	-	-	4	-	-	14	-	-
S	13	4	-	2	-	-	25	1	-
SW	3	-	-	26	5	1	24	1	-
W	6	5	2	38	9	1	10	2	-
NW	20	8	2	22	7	1	5	-	-
Результуючий вітер	направлення, у румбах		NE	направлення, у румбах		W	направлення, у румбах		SW
	швидкість, м/с		6	швидкість, м/с		7	швидкість, м/с		6
Максимальна швидкість вітру, м/с	спостережена		12	спостережен а		12	спостережена		7
	розрахункова		11	розрахунков а		11	розрахункова		10
Повторюваніс ть штилів, %	50			55			65		

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

Характеристики ділянками за		Оманська затока	Індійський океан	Сінгапур
Температура повітря, °C		38	32	33
Температура води, °C		26	24	27
Відносна вологість, %		83	78	82
Повторюваність туманів, %		1	1	1
Видимість менше 2 міль		-	-	1
Хмарність, бали		4	5	5
Солоність води, ‰		37	35	35
Щільність води, г/см ³ (або кг/м ³)		1,026	1.025	1.025
Постійні течії	назва	-	Екваторіальне	
	термодинамічна характеристика	тепле	тепле	тепле
	направлення	NW	Е	SE
	швидкість, вузл.	1-2	1	1-2
	стійкість	50-75	50	50-75
Швидкість припливних течій, вузл.		0,5	0,5	1
Висота хвиль, м	середня	2	3	3
	максимальна	3	5	6
Період хвиль, с		5	7	7

2.2.3 Збір та аналіз навігаційної інформації при прибережному плаванні

Порт Jebel Dhanna (24°10'N, 52°43'E), який включає в себе промисловий комплекс Ruwaís, розташований на узбережжі Перської затоки приблизно 220 км W Абу-Дабі.

Загальний огляд: порт складається з двох основних нафтових терміналів, один нафтовий термінал газ, основна вантажний термінал, обробка сірки

пристані і невеликої гавані вантаж. Операції можна проводити протягом 24 годин на всіх терміналах.

Зв'язок. Черговий канал порту VHF Ch 16, допоміжний канал Ch 18. По підходу до порту необхідно зв'язуватися з УКВ з портом "Jebel Az Dhanna Port Control" і уточнювати час прибуття до місця прийому лоцмана.

Вільна практика надається по радіо чи телексу. У порту необхідно пред'являти сертифікат дератизації.

Лоцманська служба порту працює 24 години в добу. Лоцманська проводка обов'язкова для всіх судів, канал зв'язку VHF Ch 16. Лоцман замовляється мінімум за 2 години до приходу в порт і за 1 годину до виходу. Місце висадки-посадки лоцмана знаходиться північніше вхідного каналу у порт. Лоцман піднімається па борт судна і залишає його па якорном місці в 4 милях до W від острівця Джазпрат-Гаша.

Межі якірної стоянки позначені на картах. Слід зазначити, що ґрунт тримає погано і потрібно витравлювати більше якірного ланцюга, ніж належить. Також слід звертати увагу на трубопроводи та кабелі поблизу берега і якірної стоянки, так як їх положення і кількість постійно змінюється. Постановка на якір поблизу кабелів і трубопроводів заборонена.

Приливна хвиля в порту Jebel Az Dhanna близько 1.14 метра.

Навігаційні засоби: маяк Price Shoal (24°17.4'N 052°42.2'E) з Racon перебувати в милі на NW від входу зовнішній рейд порту. Банку HalatalAlag, що знаходиться в центрі рейду, огорожена плавучими координальними ЗНЗ.

На півдні її встановлено стаціонарний знак SouthAlag (24°13.8'N 052°41.5'E), який добре видно і може використаний як навігаційний орієнтир. Підхід до рейдових причалів Джебель-ез-Занна забезпечується береговими засобами навігаційного обладнання.

Адміністрація рейдових причалів встановила глибину під кілем для суден дедвейтом до 100 000 від 100 000 до 250 000 і більше 250 000 т відповідно 0,9; 1,2 і 1,5 м.

Судна з осадкою до 13,3 м можуть відходити від рейдових причалів і виходити в море в будь-який час; судна з осадкою від 13,4 до 14,6 м зобов'язані враховувати вплив припливів. Судна з осадкою більше 15 м при відливі можуть сісти на ґрунт.

Судна, що заходять у Ruwais вперше повинні повідомити «GASCO, Рувайс», не менш ніж за 48 годин до прибуття свої транспортно-експлуатаційні характеристики, за результатами яких будуть розглянуті швартування для забезпечення різноманітних зв'язків від носа до корми.

У порту є 3 потужних буксира. Буксири використовують свої власні towlines.

Необхідні документи на прихід/відхід:

1. Cargo stowage plan – 3 шт.
2. Cargo manifest – 8 шт.
3. Hatch list – 3 шт.
4. Hazardous and Dangerous Cargo declaration – 8 шт.
5. Crew List – 5 шт.
6. Passenger List – 5 шт.
7. Last port clearance – 1 шт.
8. Ship's Registry – 1 шт.

План порту Jebel Dhanna приведено на рис. 2.1.

Порт Сінгапур розташований біля південного берега острова Сінгапур, приблизно в середній частині Сінгапурської протоки. Сінгапур є важливим торговим портом, оскільки він знаходиться на міжнародних морських торгових шляхах.

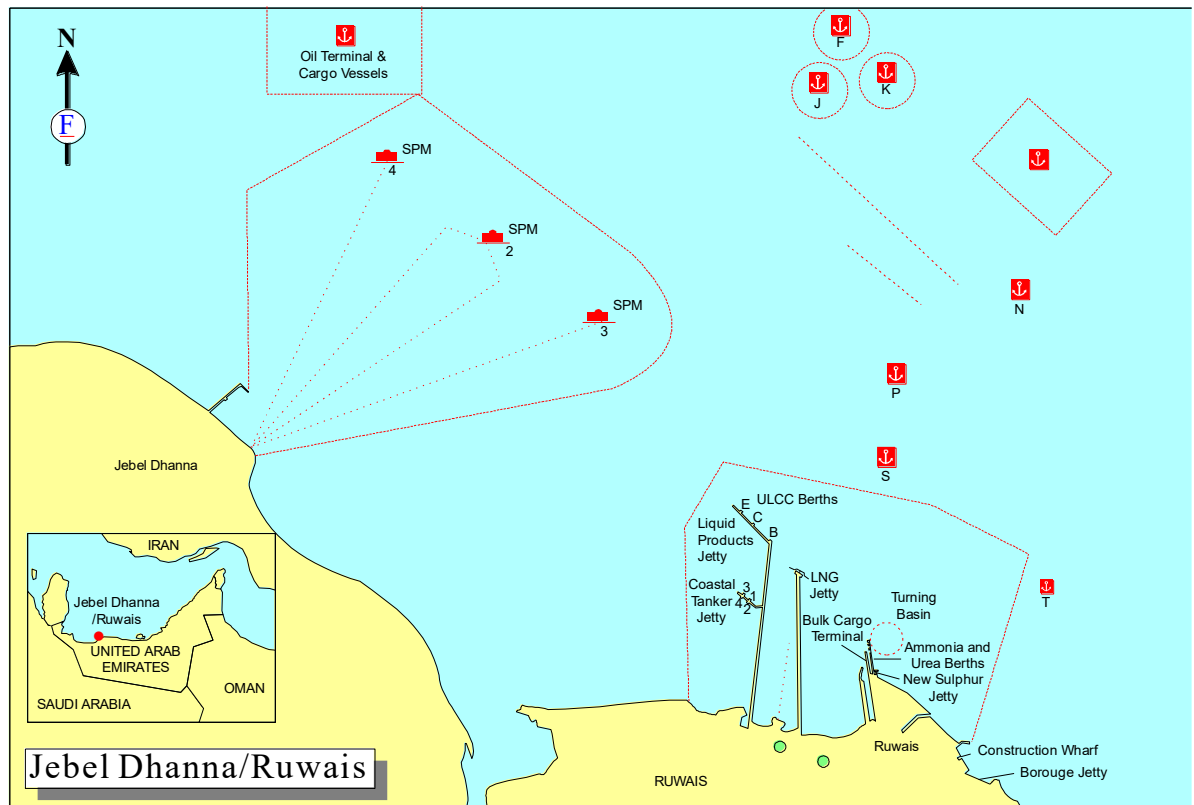


Рисунок 2.1 - План порту Jebel Dhanna

Порт Сінгапур складається з двох основних частин: Сінгапурського рейду і гавані Кеппел. Сінгапурський рейд розташований у бухті, що вдається до південного берега острова Сінгапур; на західному березі цієї бухти розташовано місто Сінгапур, проти якого споруджені причальні стінки, пірси і інші портові споруди. Гавань Кеппел знаходиться безпосередньо на захід від Сінгапурського рейду, в протоці між південним берегом острова Сінгапур і островами Лайки і Блakanг - Мати. Уздовж північного берега гавані Сінгапур споруджені добре обладнані причальні стінки, сухі доки і басейни.

Лоцманська проводка. Обов'язкова для входу в порт Сінгапур і виходу з нього. Для підходу до причалів і відходу капітани зобов'язані брати лоцманів.

При підході до порту Сінгапур зі сходу лоцман приймається в 1.3 милі до NE від острова Сакиджанг-Пелепах, при підході з півдня в районі розташованому в 1 милі до E від острова Себарок, а для суден наступних по протоці Синки з W, лоцман приймається в районі, що знаходиться в 1.7 милі до WNW від острова Бусинг.

Лоцманські судна забарвлені у білий колір і несуть біло-червоний прапор, з синьою буквою «Р» в центрі.

Сигнальна станція, що знаходиться на пагорбах Фейбер, передає повідомлення про виклик лоцмана, і тоді один з лоцманів виходить назустріч судну. Лоцмана завжди можна знайти на лоцманській станції, яка знаходиться на причальній стінці 2 в гавані Кеппел.

Постачання. У порту є велика кількість рідкого палива. Тут можна поповнити запаси провізії і прісної води.

Якірні місця. Сінгапурський рейд розділений на ділянки, відведені для якірної стоянки військових кораблів, для суден, що стоять в карантині, для суден, завантажених вибуховими речовинами, а також для місцевих малих суден каботажного плавання.

Заборонені для якірної стояки райони на Сінгапурському рейді знаходяться до SE від мису Катонг і до NW від південно-західної кромки банки Аутер-шол. Межі цих районів показані на карті.

Якірні місця. На Сінгапурському рейді на якір ставати залежно від розмірів судна і його вантажу.

Судна з великим осіданням можуть ставати на якір між північно-західною кромкою банки Аутер-шол і ізобатою 15 м, що проходить мористее хвилелому Детачед-мол, в секторі між пеленгами 310° і 355° на маяк Фуллертон, глибини здесь 13-22 м; ґрунт, пісок і мул.

Під час південно-західного мусону на рейді іноді бувають сильні шквали, що перешкоджають бункеруванню.

Обидва береги гавані, за винятком тих, де споруджені причали або набережні, облямовані осихаючими рифами. Кромки цих рифів приглуби, глибини досягають 5-7 м.

Стоянка суден на якорі в гавані Кеппел заборонена. Ставати тут можна тільки у разі потреби і при швартовці.

Приливо-відливні течії. У східній частині гавані Кеппел до S від мису Пагар приливна течія йде на NW із швидкістю 2-3 вузла, відливна течія на SE з

такою ж швидкістю. На захід від мису Пагар швидкість приливної течії незначна. Цю обставину необхідно враховувати при підході до док, оскільки тут судно може в такому положенні, що його носова частина не випробовуватиме дії течії, тоді як кормова частина ще знаходитиметься під дією сильної течії.

У районі між причальними стінками 3 і 4 приливна течія йде на W із швидкістю 3 вузла. У районі, розташованому до SW від банки Меандер, приливна течія змінює свій напрям на NW, а відливне на SE.

На захід від цього району до S від доків №2 і №1 приливна течія, огинаючи острів Ханту, спочатку йде на W, а потім змінює свій напрям на NW і SW.

У районі між мисами, що обмежують західний вхід в гавань Кеппел, приливна течія йде на W; швидкість його досягає 4 вузлів. Відливна течія в цьому ж районі йде на ENE із швидкістю 3 вузла.

Нижче на рисунку 2.2 представлений план порту Сінгапур.

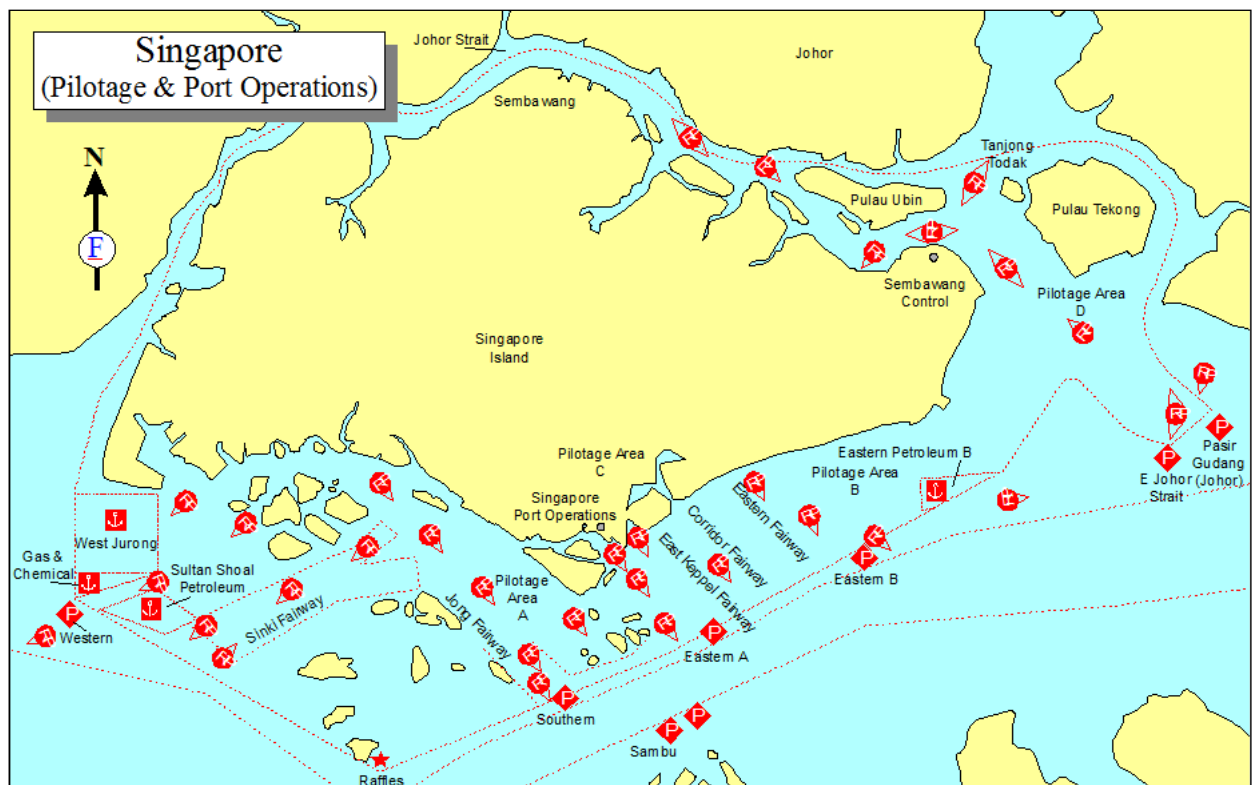


Рисунок 2.2 - План порту Сінгапур

Таблиця 2.9 - Засоби навігаційного обладнання

N п/п	Назва	Координати $\varphi(N)$ $\lambda(E)$	Дальність видимості, милі	Хар-ки
1	Fujairah Racon	25°10,5' 54°52,4'	15	Fl(3)12s
2	Didamar	26°28,6' 56°32,2'	40	Fl(2)10s
3	Ujung Seuke	5°48,5' 95°22,3'	20	Fl2,5s
4	Permatang Sedepa	2°53,2' 100°59,8'	23	Fl(4)20s
5	T Gabang	2°40,9' 101°29,1'	12	Fl5s
6	P Undan	2°02,9' 102°20,0'	18	Fl(2)15s
7	Sungai Ayam	1°44,8' 102°55,6'	13	Q
8	P Pisang	1°28,2' 103°15,4'	20	Fl10s
9	Pulau Iyu Kecil	1°11,5' 103°21,1'	12	Fl(3)15s
10	Pulau Cula	1°02,4' 103°42,7'	12	Fl(3)15s
11	Padang	1°10,1' 103°52,8'	7	Fl3s
12	Buran	1°15,1' 103°50,9'	4	Fl2,5s

2.3 Навігаційні розрахунки для забезпечення безпеки плавання

2.3.1 Розрахунок ортодромії

Коли траса майбутнього плавання включає океанський перехід, вплив погоди і стан моря набувають особливо важливого і нерідко основного значення при виборі найвигіднішого шляху судна. При здійсненні такого вибору виникає потреба задовольнити найрізноманітніші запити : перехід має бути для судна безпечним, економічним, протікати у бажані терміни і за найбільш сприятливих зовнішніх умов, сприяючих підлягаючому зберіганню перевезенню вантажів, комфорту пасажирів і екіпажу, мінімальній витраті палива і мастильних матеріалів і т. д. Усі подібні умови перерахувати нелегко, але навіть якщо обмежуватися приведеними вище і вважати їх рівнозначними, то за певних умов погоди і стану моря взагалі неможливо буде знайти той шлях,

наслідуючи які судно буде в змозі виконати поставлені завдання. Тому при виборі найвигіднішого шляху обмежуються завданням якого-небудь одного або декількох найбільш важливих для цього рейсу умов. Маршрут, що якнайкраще задовольняє таким умовам, називають оптимальним шляхом морського судна.

Керівництво «Океанські шляхи світу», Керівництво призначене для полегшення рішення задачі по виборі шляху морського судна між найбільш важливими пунктами Світового океану з урахуванням сезонних змін гідрометеорологічних умов плавання і експлуатаційних якостей судна. На переході генеральну карту укладають в окремий ящик. Суднові номери картам не привласнюють.

При виборі трансокеанського переходу необхідно розрахувати плавання по ортодромії. Існує декілька способів такого розрахунку, перший з них аналітичний.

Для того, щоб нанести ортодромію на Меркаторську проекцію, необхідно знати параметри ортодромії, а по них розрахувати координати проміжних точок. Параметрами ортодромії є: λ_0 - довгота точки перетину з екватором, k_0 - курс в цій точці.

$$\operatorname{tg}\left(\frac{\lambda_n - \lambda_k}{2} - \lambda_0\right) = \operatorname{tg} \frac{\lambda_n - \lambda_k}{2} \times \sin(\varphi_n + \varphi_k) \times \operatorname{cosec}(\varphi_n - \varphi_k)$$

де: $(\lambda_n - \lambda_k)$ и $(\varphi_n + \varphi_k)$ - координати точок приходу і відходу.

Курс обчислюється за формулою:

$$\operatorname{ctg} k_0 = \operatorname{tg} \varphi_n \times \operatorname{cosec}(\lambda_n - \lambda_0)$$

Знаючи параметри, розрахунок проміжних точок ортодромії можна виконати таким чином: оскільки в нашому випадку ортодромія близька у напрямку до паралелі, то доцільно задавати довготи проміжних точок через 10° і розраховувати їх широти по формулі:

$$\operatorname{tg} \varphi_i = \sin(\lambda_i - \lambda_0) \times \operatorname{ctg} k_0$$

Другий спосіб розрахунку плавання по ортодромії полягає в наступному: використовуються карти гномонічної проекції(штурманський спосіб). Вони дозволяють прокласти курс між початковою і кінцевою точками шляху, а також

визначити початкові курси для плавання через інтервали відповідні різниці довгот 5 і 20°.

У третьому випадку, використовуючи ортодромічну поправку, плавання по ортодромії замінити плаванням по хордах завдовжки 200-300 миль, а координати точок повороту розрахувати по формулах письмового числення.

При розробці плану переходу Джебел Дханна - Сінгапур доцільно розрахувати плавання по ДБК: від точки $\varphi_n = 05^\circ 26' N$, $\lambda_n = 80^\circ 33' E$ до точки $\varphi_k = 06^\circ 00' N$, $\lambda_k = 95^\circ 32' E$.

Розраховують локсодромічний курс:

$$\operatorname{tg} k_{\lambda} = \frac{PД}{PMЧ}$$

Обчислюють довжину локсодромії:

$$S_{\lambda} = PШ \times \sec k_{\lambda}$$

Таблиця 2.10 - Розрахунок локсодромії

φ_k	06°00' N	λ_k	95°32' E	PMЧ	34
φ_n	05°26' N	λ_n	80°33' E	K	88°
PШ	34	PД	899	S	895

Визначити довжину ортодромії:

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

$$D = 895 \text{ миль}$$

Доцільність плавання по ортодромії дорівнює:

$$\Delta S = S_{\lambda} - D = 895 - 895 = 0 \text{ миль}$$

Плавання по ортодромії не вигідно

Виконаємо розрахунок плавання по ортодромії:

знаходимо λ_0 :

$$\operatorname{tg} \left(\frac{\lambda_n - \lambda_k}{2} - \lambda_0 \right) = \operatorname{tg} \frac{PД}{2} \times \sin 2\varphi \times \operatorname{cosec} PШ$$

$$tgk_0 = \frac{\sin(\lambda_n - \lambda_0)}{tg\varphi_n}$$

Обчислюємо $k_0 \Rightarrow$

Таблиця 2.11 - Курси і відстані при плаванні по ортодромії

N	Широта	Довгота	Курс	Відстань
1	5° 39 N	85° 00.0 W	87	266
2	5° 50 N	90° 00.0 W	88	299
3	6° 00 N	95° 32.0 W	88	330

На переході Джебел Дханна– Сінгапур, лінія шляху розташовується, в основному, уздовж узбережжя, океанське плавання відсутня, тому плавання по ДБК не проводиться, а використовується локсодромія (RhumbLine).

2.3.2 Складання маршрутних листів

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

2.3.3 Графічний план переходу

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

[illegible]

Рисунок 2.3 – Маршрутный лист

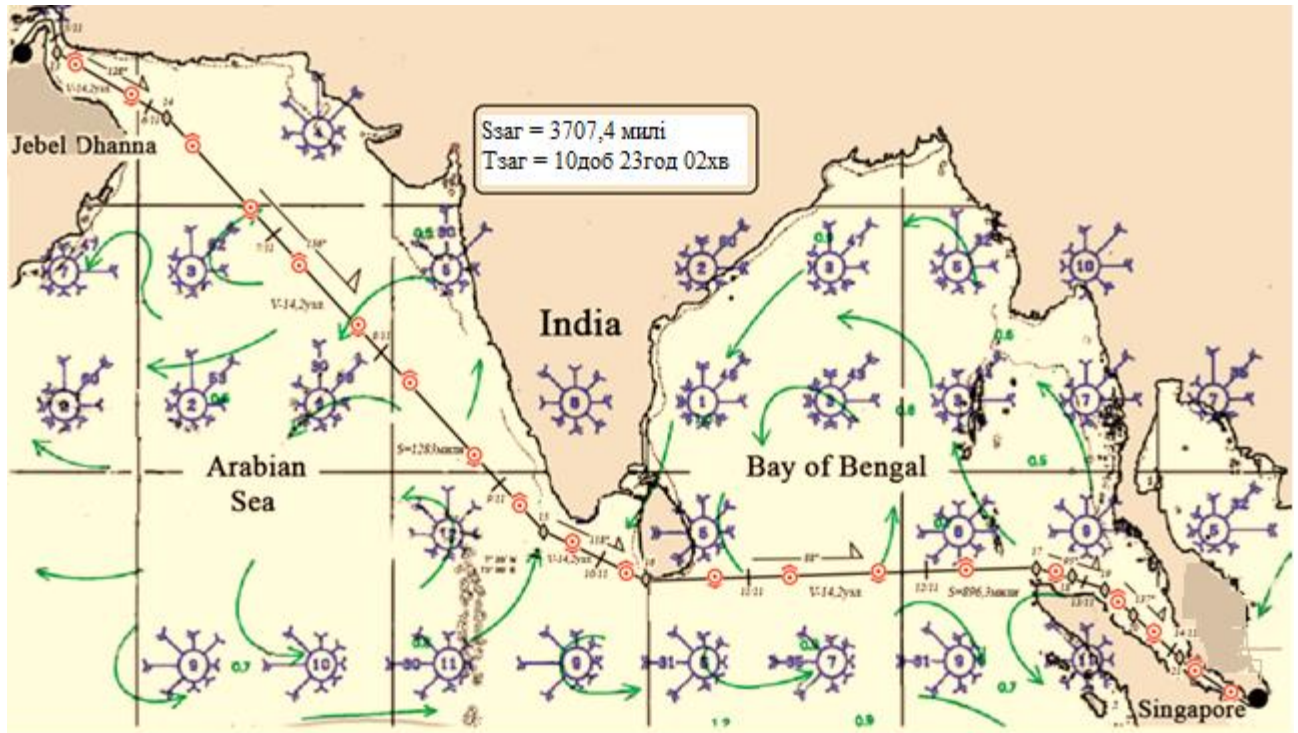


Рисунок 2.4 – Графічний план переходу

2.3.4 Розрахунок природної освітленості

Розрахунки освітленості виконують двома послідовними наближеннями:

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

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

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

По широті місця судна φ і схиленню Сонця δ на моменти його сходу і заходу по формулі $\tan A$ 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

Дата	ННС	Сонце				КНС	Луна		
		Схід		Захід			Схід Тс	Вік, дни	Захід Тс
		Тс	А	Тс	А				
04/11	05.25	06.14	95	18.00	265	18.49	10.42	4	21.04
05/11	05.13	06.02	95	17.42	265	18.30	11.18	5	21.40
10/11	04.45	05.30	97	17.15	263	18.01	14.05	10	01.17
11/11	05.28	06.12	97	17.59	263	18.44	15.25	11	02.53
15/11	05.16	06.01	98	17.57	261	18.41	18.18	14	06.04
16/11	05.10	05.58	99	17.50	261	18.32	18.54	15	07.09

2.3.5 Розрахунок висот приливів та побудова графіків приливів

Під приливними явищами у Світовому океані розуміють динамічні і фізико-хімічні процеси у водах морів і океанів, викликані приливообразуючими силами. Приливами називають приливні коливання рівня моря — висота поверхні моря, вільна від впливу вітрових хвиль і брижів і вимірюваною відносно умовного горизонту(нуль уровненого поста).

Різниця між найбільшим і найменшим значеннями рівня моря за певний інтервал часу, наприклад за добу, називається величиною коливання рівня моря, що нерідко невірно називається як амплітуда коливань рівня моря.

У будь-якому пункті Землі рівень моря постійно змінюється. Причини впускених коливань можуть бути короткочасними і позовними. Останні обумовлюються, головним чином, підйомами і опусканнями суші; вони незначні за величиною і прямого стосунку до безпеки мореплавання не мають. Короткочасні коливання рівня моря можуть носити регулярний(періодичний) і випадковий(неперіодичний) характер. Регулярні коливання рівня викликаються: приливообразуючими силами Місяця і Сонця(приливні коливання); вітрами, що періодично змінюються; річним ходом опадів; випаром; стоком континентальних вод(сезонні коливання) та ін. Випадкові коливання рівня відбуваються під впливом вітру, що неперіодично змінюється, від різкої зміни атмосферного тиску.

Загальна характеристика приливних явищ для усього переходу описана вище. У цьому підпункті приведені дати і час висот повних і малих вод на дати і порти відходу і приходу. Нижче представлена таблиця повних і малих вод для вказаних портів на дати відходу і приходу (рис. 2.6, 2.7).

Таблиця 2.13 - Час настання повних і малих вод. Для складання таблиці використовувалася програма TideCalc

Jebel Dhanna				Singapore			
04/11		04/11		14/11		15/11	
Tп	hп	Tп	hп	Tп	hп	Tп	hп
12:04	1.5	23:24	2.0	13:37	2.6	03:57	2.3
Tм	hм	Tм	hм	Tм	hм	Tм	hм
05:50	0.2	16:59	0.8	20:39	0.2	08:47	1.3

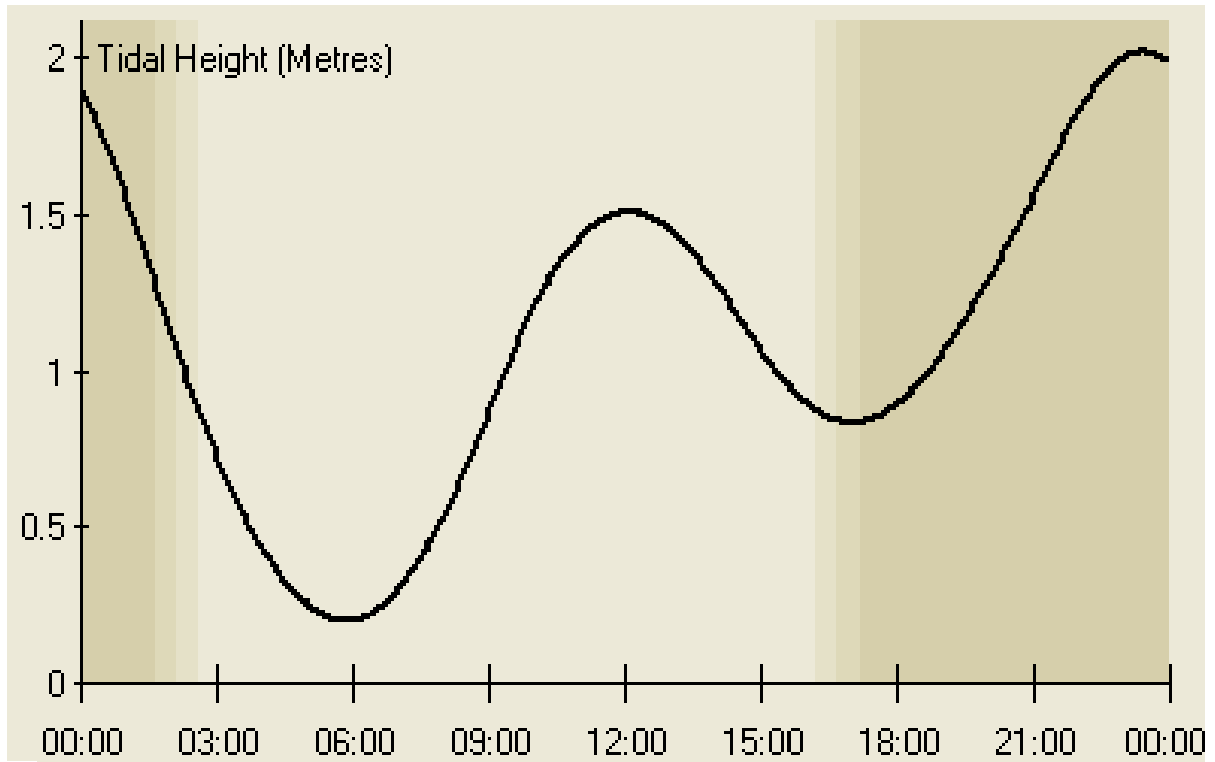


Рисунок 2.6 - Графік повної і малої води для порту Jebel Dhanna на 04.11.25

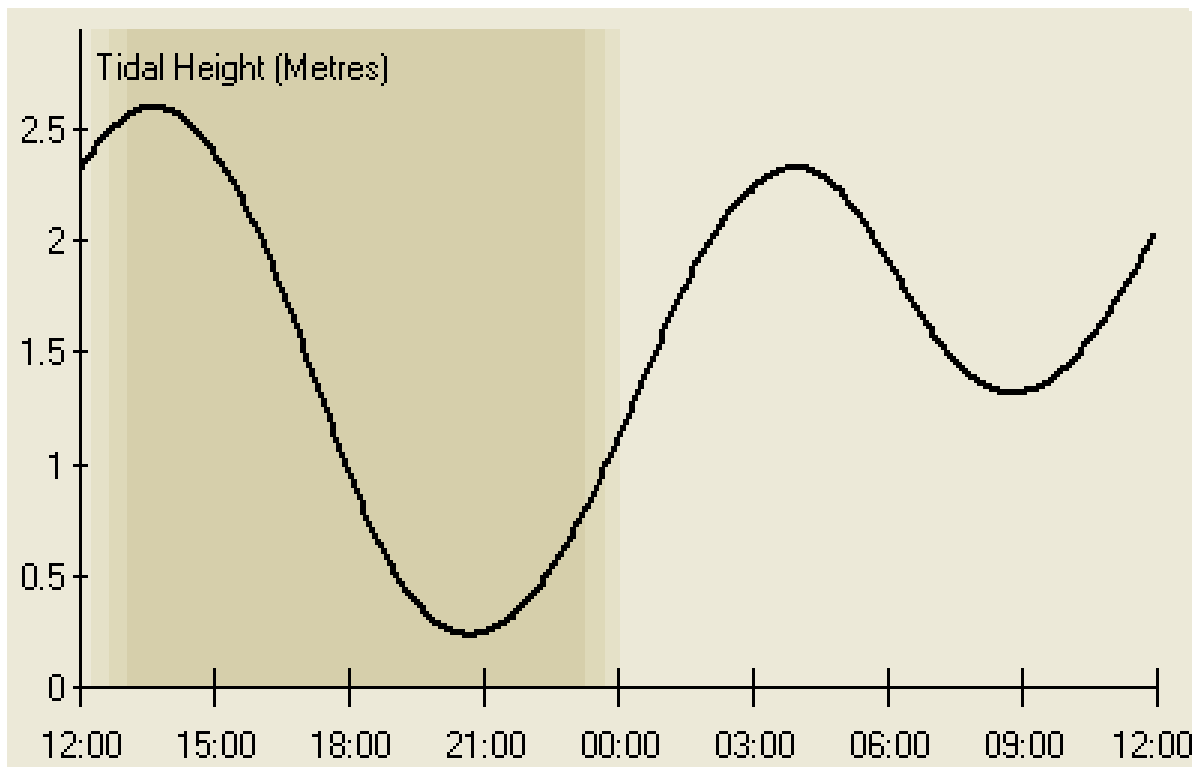


Рисунок 2.7 - Графік повної і малої води для порту Singapore на 14-15.11.25

2.4 Висновки

Перехід із порту Jebel Dhanna до порту Сінгапур проходить із Персидської затоки через протоку Хормуз і далі через Індійський океан до Малаккської та Сінгапурської протоки. У процесі опрацювання навігаційного переходу були обрані безпечні курси плавання відповідно до пори року. Загальна протяжність переходу склала 3540,6 милі; час виходу з порту Jebel Dhanna 04.11.25 о 12:00 за місцевим часом; час приходу в порт Сінгапур 16.11.25 о 00:02. Тривалість переходу 11 діб 9 годин 2 хвилини.

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

РОЗДІЛ 4

ОЦІНКА МОРЕХІДНИХ ЯКОСТЕЙ СУДНА

4.1 Розрахунок водотоннажності й координат центра ваги судна

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

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

Таблиця 4.1-Розподіл запасів на відхід

Найменування цистерн	Місткість, т	Маса, т	Плечі, м		Моменти, тм	
			x	z	M _x	M _z
1	2	3	4	5	6	7
Моторне паливо $\rho = 0,99 \text{ т/м}^3$						
NO.2 H.F.O.T.(P)	870,4	500	-100,663	18,728	-50332	9364
NO.2 H.F.O.T.(S)	1212,9	726	-99,841	18,319	-72485	13300
H.F.O.SERV.T. (P)	102,2	100,5	-97,645	17,637	-9813	1773
H.F.O. SETT.T. (P)	99,4	89	-97,340	17,637	-8663	1570
L.S. H.F.O. SETT.T. (P)	104,9	94,8	-103,620	17,637	-9823	1672
L.S. H.F.O.SERV.T. (P)	78,7	74,2	-100,610	17,637	-7465	1309
Всього моторного палива		1584,5			-158581	28988
Дизельне паливо $\rho = 0,90 \text{ т/м}^3$						
M. D.O.SERV.T (P)	50,0	49,7	-109,210	20,526	-5428	1020
M. D.O.STOR.T (S)	196,3	125,4	-110,832	20,494	-13898	2570
Всього дизельного палива		175,1			-19326	3590
Мастило $\rho = 0,90 \text{ т/м}^3$						
CYL. O. STOR. T. (P)	69,5	42,8	-112,797	20,488	-4828	877
G/E L. O. STOR. T. (P)	3,5	2,3	-116,780	18,613	-269	43
MAIN L.O. SETT. T. (P)	72,1	28,4	-115,570	20,514	-3282	583
MAIN L.O.STOR. T. (P)	38,1	20,6	-115,298	20,708	-2375	427

Продовження табл.4.1

1	2	3	4	5	6	7
MAIN L. O. SUMP. T. (C)	33,1	18,5	-108,233	1,487	-2002	28
TURB. L. O. STOR. T. (P)	3,5	2,6	-116,780	18,613	-304	48
G/E L. O. SETT. T. (P)	5,4	3,3	-116,780	21,805	-385	72
Всього мастила		118,5			-13445	2078
Вода $\rho = 1,00 \text{ т/м}^3$						
D. W. T. (P)	170,4	70,0	-122,494	21,020	-8575	1471
F. W. T.(S)	312,4	150,0	-124,051	21,033	-18608	3155
Всього води		220,0			-27183	4626
ВСЬОГО ЗАПАСІВ		2098,1	-104,16	18,72	-218535	39282

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 $\rho = 0,99 \text{ т/м}^3$						
NO.2 H.F.O.T.(P)	870,4	200	-100,663	18,728	-20133	3746
NO.2 H.F.O.T.(S)	1212,9	312	-99,841	18,319	-31150	5716
H.F.O.SERV.T. (P)	102,2	100,5	-97,645	17,637	-9813	1773
H.F.O. SETT.T. (P)	99,4	89	-97,340	17,637	-8663	1570
L.S. H.F.O. SETT.T. (P)	104,9	94,8	-103,620	17,637	-9823	1672
L.S. H.F.O.SERV.T. (P)	78,7	74,2	-100,610	17,637	-7465	1309
Всього моторного палива		870,5			-87047	15786
Дизельне паливо $\rho = 0,90 \text{ т/м}^3$						
M. D.O.SERV.T (P)	50,0	49,7	-109,210	20,526	-5428	1020
M. D.O.STOR.T (S)	196,3	95,6	-110,832	20,494	-10596	1959
Всього дизельного палива		145,3			-16024	2979
Мастило $\rho = 0,90 \text{ т/м}^3$						
CYL. O. STOR. T. (P)	69,5	41,2	-112,797	20,488	-4647	844
G/E L. O. STOR. T. (P)	3,5	2,3	-116,780	18,613	-269	43
MAIN L.O. SETT. T. (P)	72,1	28,4	-115,570	20,514	-3282	583
MAIN L.O.STOR. T. (P)	38,1	19,6	-115,298	20,708	-2260	406
MAIN L. O. SUMP. T. (C)	33,1	17,5	-108,233	1,487	-1894	26
TURB. L. O. STOR. T. (P)	3,5	2,6	-116,780	18,613	-304	48

Продовження табл.4.2

1	2	3	4	5	6	7
G/E L. O. SETT. T. (P)	5,4	3,3	-116,780	21,805	-385	72
Всього мастила		114,9			-13041	2022
Вода $\rho = 1,00 \text{ т/м}^3$						
D. W. T. (P)	170,4	50,0	-122,494	21,020	-6125	1051
F. W. T.(S)	312,4	110,5	-124,051	21,033	-13708	2324
Всього води		160,5			-19833	3375
ВСЬОГО ЗАПАСІВ		1291,2	-105,29	18,71	-135945	24162

Розподіл вантажів представлений у табл.4.3.

Таблиця 4.3 – Розподіл вантажів

Найменування приміщень і вантажу	m, т	V, м ³	Плечі, м		Моменти, тм	
			x	z	M _x	M _z
NO.1 C. O. T. (P)	8080,0	8716,3	101,946	11,250	823724	90900
NO.1 C. O. T. (S)	8080,0	8716,3	101,946	11,250	823724	90900
NO.2 C. O. T. (P)	14050,0	15156,4	70,112	13,566	985074	190602
NO.2 C. O. T. (S)	14050,0	15156,4	70,112	13,566	985074	190602
NO.3 C. O. T. (P)	14188,0	15305,3	36,155	13,562	512967	192418
NO.3 C. O. T. (S)	14188,0	15305,3	36,155	13,562	512967	192418
NO.4 C. O. T. (P)	14188,0	15305,3	2,105	13,562	29866	192418
NO.4 C. O. T. (S)	14188,0	15305,3	2,105	13,562	29866	192418
NO.5 C. O. T. (P)	14188,0	15305,3	-31,495	13,562	-446851	192418
NO.5 C. O. T. (S)	14188,0	15305,3	-31,945	13,562	-453236	192418
NO.6 C. O. T. (P)	13383,0	14436,9	-65,469	13,944	-876172	186613
NO.6 C. O. T. (S)	13383,0	14436,9	-65,469	13,944	-876172	186613
SLOP T. (P)	1630,0	1758,4	-85,439	14,817	-139266	24152
SLOP T. (S)	1630,0	1758,4	-85,439	14,817	-139266	24152
ВСЬОГО ВАНТАЖУ:	159414,0	171967,8	11,120	13,420	1772299	2139042

На основі виконаних розподілів вантажу і запасів складемо таблицю зведених даних і розрахунку водотоннажності з координатами центра ваги судна на відхід і на прихід.

Таблиця 4.4 – Зведені дані і розрахунок водотоннажності на відхід

Найменування статей навантаження	На відхід				
	Маса, т	Плечі, м		Моменти, тм	
		х	z	M_x	M_z
Судно порожнє	26279,5	-9,28	12,31	-243874	323501
Постачання, екіпаж, провізія	189,8	-33,20	12,86	-6303	2441
Суднові запаси	2098,1	-104,16	18,72	-218535	39282
Вантаж	159414,0	11,120	13,420	1772299	2139042
ВСЬОГО ВОДОТОННАЖНІСТЬ	187981	6,93	13,32	1303587	2504266

Таблиця 4.5 – Зведені дані і розрахунок водотоннажності на прихід

Найменування статей навантаження	На прихід				
	Маса, т	Плечі, м		Моменти, тм	
		х	z	M_x	M_z
Судно порожнє	26279,5	-9,28	12,31	-243874	323501
Постачання, екіпаж, провізія	189,8	-33,20	12,86	-6303	2441
Суднові запаси	1291,2	-105,29	18,71	-135945	24162
Вантаж	159414,0	11,120	13,420	1772299	2139042
ВСЬОГО ВОДОТОННАЖНІСТЬ	187175	7,41	13,30	1386177	2489146

Схематично вантажний план представлений на рис.4.1.

4.2 Розрахунки посадки і початкової остійності

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

Таблиця 4.6 – Розрахунки посадки судна на відхиді на прихід

Найменування величин	Позначення і формули	Значення величин	
		відхід	прихід
1	2	3	4
Водотоннажність масова, т	D	187981,4	187174,5
Абсциса центра ваги судна, м	x_g	6,93	7,41

AFT. PEAK	MACHINERY SPACE	PUMPROOM	WBT 6P		WBT 5P	WBT 4P	WBT 3P	WBT 2P	WBT 1P
			SLP 1630 t	6P 13383.0 t	5P 14188.0 t	4P 14188.0 t	3P 14188.0 t	2P 14050.0 t	1P 8080.0 t
			SLS 1630 t	6S 13383.0 t	5S 14188.0 t	4S 14188.0 t	3S 14188.0 t	2S 14050.0 t	1S 8080.0 t
			WBT 6S		WBT 5S	WBT 4S	WBT 3S	WBT 2S	WBT 1S

 $T_K = 17,15 \text{ м}$
 $T_H = 16,78 \text{ м}$

Рисунок 4.1 – Вантажний план судна

Продовження табл.4.6

1	2	3	4
Водотоннажність об'ємна, м ³	$V = D / \rho$	183396	182609
Густина заборотної води, т/м ³	ρ	1,025	1,025
Осадка судна, м	T	16,97	16,90
Момент диферентуючий на 1 см, тм/см	M_{cm}	2321,9	2318,4
Абсциса центра величини судна, м	x_c	7,39	7,44
Абсциса Ц.В. площі ватерлінії, м	x_f	-2,58	-2,54
Апліката поперечного метацентра, м	z_m	20,04	20,05
Коефіцієнт загальної повноти	δ	0,822	0,822
Диферент судна, м	$d = D(x_g - x_c) / (100M_{cm})$	-0,37	-0,02
Осадка судна носом, м	$T_n = T - (L/2 + x_f) d / L$	16,78	16,89
Осадка судна кормою, м	$T_k = T_n + d$	17,15	16,91

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

Таблиця 4.7 – Виправлення на вплив вільної поверхні рідких вантажів

Найменування цистерн	Δm_h , тм
1	2
NO.2 H.F.O.T.(P)	554
NO.2 H.F.O.T.(S)	678
M. D.O.STOR.T (S)	249
D. W. T. (P)	125
F. W. T.(S)	273
NO.1 C. O. T. (P)	13822
NO.1 C. O. T. (S)	13822
NO.2 C. O. T. (P)	2776
NO.2 C. O. T. (S)	2776

Продовження табл.4.7

1	2
NO.3 C. O. T. (P)	2776
NO.3 C. O. T. (S)	2776
NO.4 C. O. T. (P)	2776
NO.4 C. O. T. (S)	2776
NO.5 C. O. T. (P)	2776
NO.5 C. O. T. (S)	2776
NO.6 C. O. T. (P)	2776
NO.6 C. O. T. (S)	2776
SLOP T. (P)	340
SLOP T. (S)	340
Сума: $\Sigma \Delta m_h$	57963

Розрахунок параметрів початкової остійності виконаний у табл.4.8.

Таблиця 4.8 – Розрахунок параметрів початкової остійності

Найменування величин	Позначення і формули	Значення величин	
		відхід	прихід
Водотоннажність масова, т	D	187981,4	187174,5
Невиправлена апліката центра ваги судна, м	z_{g0}	13,32	13,30
Апліката поперечного метацентра, м	z_m	20,04	20,05
Невиправлена метацентрична висота, м	$h_0 = z_m - z_{g0}$	6,72	6,75
Виправлення на вільні поверхні, м	$\Delta h = \Sigma \Delta m_h / D$	0,31	0,31
Виправлена апліката центра ваги судна, м	$z_g = z_{g0} + \Delta h$	13,63	13,61
Виправлена метацентрична висота, м	$h = h_0 - \Delta h$	6,41	6,44

4.3 Контроль остійності за матеріалами Інформації

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

Таблиця 4.9– Перевірка остійності по критичній аплікаті центра ваги судна

Найменування величин	Позначення і формули	Значення величин	
		відхід	прихід
Водотоннажність масова, т	D	187981,4	187174,5
Виправлена апліката Ц.В. судна, м	z_g	13,63	13,61
Максимальна гранична апліката Ц.В., м	$z_g^{\max}$	17,58	17,59

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

4.4 Розрахунок і побудова діаграм остійності

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

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.

Плечі остійності ваги необхідно розраховувати по формулі:

$$l_e = z_g \sin \theta,$$

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

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

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 4.10 – Розрахунок плечей статичної остійності на відхід

Водотоннажність D, т							187981,4	
Апліката центра ваги судна z_{g0} , м							13,32	
Апліката умовного центра мас z_m , м (полюс – точка «O»)							0,00	
Виправлена апліката центра ваги судна, $z_g = z_{g0} + \Delta h$, м							13,63	
$\Delta\theta = 0,1745 \approx 10^\circ/57,3$								
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	3,502	0,174	2,372	1,130	4	4,520	3	3,390
20	6,852	0,342	4,661	2,191	2	4,382	3	6,573
30	9,364	0,500	6,815	2,549	4	10,196	1	2,549
40	11,280	0,643	8,764	2,516	1	2,516	$\sum_{30}$	12,512
50	12,574	0,766	10,441	2,133	$\sum_{40}$	21,614	$a_{0-30} = 3 \times 0,1745 \times 12,512 / 8 = 0,819$	
60	13,259	0,866	11,804	1,455	$a_{0-40} = 0,1745 \times 21,614 / 3 = 1,257$			
70	13,419	0,940	12,812	0,607				
					$a_{30-40} = 1,257 - 0,819 = 0,438$			

Таблиця 4.11 – Розрахунок плечей статичної остійності на прихід

Водотоннажність D, т							187174,50	
Апліката центра ваги судна z_{g0} , м							13,30	
Апліката умовного центра мас z_m , м (полюс – точка «O»)							0,00	
Виправлена апліката центра ваги судна, $z_g = z_{g0} + \Delta h$, м							13,61	
$\Delta\theta = 0,1745 \approx 10^\circ/57,3$								
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	3,502	0,174	2,368	1,134	4	4,536	3	3,402
20	6,866	0,342	4,655	2,211	2	4,422	3	6,633
30	9,394	0,500	6,805	2,589	4	10,356	1	2,589
40	11,317	0,643	8,751	2,566	1	2,566	$\sum_{30}$	12,624
50	12,607	0,766	10,425	2,182	$\sum_{40}$	21,880	$a_{0-30} = 3 \times 0,1745 \times 12,624 / 8 = 0,826$	
60	13,286	0,866	11,786	1,500	$a_{0-40} = 0,1745 \times 21,88 / 3 = 1,273$			
70	13,437	0,940	12,793	0,644				

					$a_{30-40} = 1,273 - 0,826 = 0,447$
--	--	--	--	--	-------------------------------------

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. 4.12.

Таблиця 4.12 - Розрахунок нормованих параметрів остійності

Найменування величин	Позначення і формули	Значення величин	
		відхід	прихід
1	2	3	4
Водотоннажність масова, т	D	187981,4	187174,5
Осадка судна, м	T	16,97	16,90
Виправлена метацентрична висота, м	h	6,41	6,44
Площа парусності, м ²	A _v	3117	3136
Апліката центра парусності (ЦП), м	z	5,53	5,57
Плече парусності при постійному вітрі, м	$z_v = z + T/2$	14,02	14,02
Плече кренувального моменту від тиску вітру, м	$l_{w1} = 0,504 A_v z_v / (gD)$	0,012	0,012
Кренувальне плече від пориву вітру, м	$l_{w2} = 1,5 l_{w1}$	0,018	0,018
Відносна площа скулових кілей, %	$100 A_k / (L B)$	-	
Коефіцієнт	k	1	
Відносна ширина	B/T	2,95	2,96
Безрозмірний множник	X ₁	0,905	0,904
Коефіцієнт загальної повноти	δ	0,822	0,822
Безрозмірний множник	X ₂	1,000	1,000
Інерційний коефіцієнт	$c = 0,373 + 0,023B/T - 0,043L/100$	0,327	0,328
Період хитавиці, с	$T_\theta = 2 c B / \sqrt{h}$	12,9	12,9
Коефіцієнт	S	0,0596	0,0596

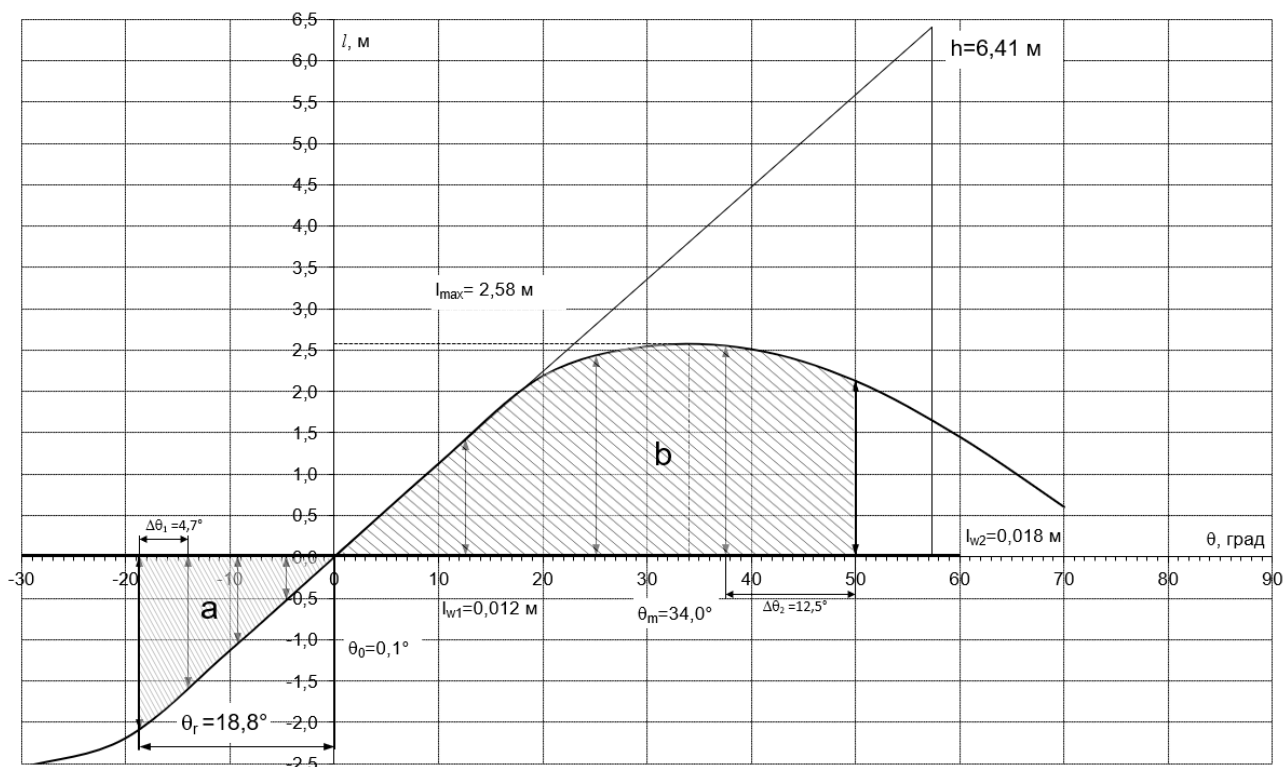
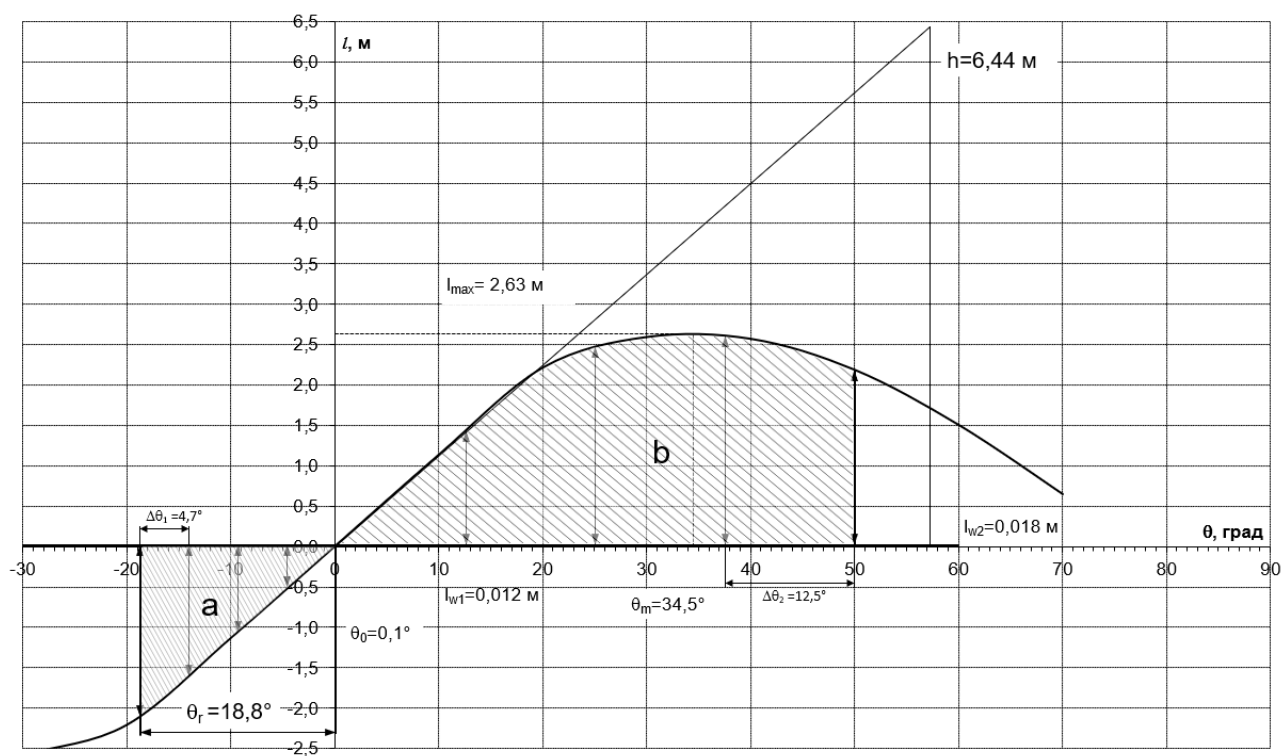


Рисунок 4.2 - Діаграма статичної остійності на відхід і визначення критерію погоди



Продовження табл.4.12

1	2	3	4
Коефіцієнт	$r = 0,73 + 0,6 (z_g - T) / T$	0,612	0,613
Амплітуда хитамиці, °	$\theta_r = 109 k X_1 X_2 \sqrt{r S}$	18,8	18,8
Кут заливання, °	θ_f	>60	>60
Кут входу палуби у воду, °	$\theta_d = \arctg(2(H - T) / B)$	13,8	13,9
Кут крену від постійного вітру, °	θ_0	0,1	0,1
Кут крену при хитамиці назустріч вітру, °	$\theta_1 = \theta_r - \theta_0$	18,7	18,7
Границя площ.“b” діаграми праворуч, °	θ_b	50	50
Площа “a” діаграми, м-рад	a	0,352	0,354
Площа “b” діаграми, м-рад	b	1,650	1,675
Критерій погоди	$K = b / a$	4,69	4,73

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

Для розрахунку величини площі “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 4.13 – Визначення площі “a” і “b” на відхід за правилом Сімпсона

$\Delta\theta_1 = (\theta_1 + 1,5\theta_0)/4 = (18,7 + 1,5 \cdot 0,1)/4 = 4,73^\circ$			$\Delta\theta_1^{\text{рад}} = 4,73^\circ/57,3 = 0,0825 \text{ рад}$		
$\Delta\theta_2 = (\theta_b - 1,5\theta_0)/4 = (50 - 1,5 \cdot 0,1)/4 = 12,48^\circ$			$\Delta\theta_2^{\text{рад}} = 12,48^\circ/57,3 = 0,2177 \text{ рад}$		
a_i	k_i	$a_i \cdot k_i$	b_i	k_i	$b_i \cdot k_i$
$a_1 = 2,11$	1	2,11	$b_1 = 0$	1	0
$a_2 = 1,61$	4	6,44	$b_2 = 1,41$	4	5,64
$a_3 = 1,07$	2	2,14	$b_3 = 2,42$	2	4,84
$a_4 = 0,53$	4	2,12	$b_4 = 2,535$	4	10,14
$a_5 = 0$	1	0	$b_5 = 2,115$	1	2,115
		$\Sigma_a = 12,81$			$\Sigma_b = 22,735$

$a = \frac{1}{3} \Sigma a \cdot \Delta \theta_1^{\text{рад}} = \frac{1}{3} 12,81 \times 0,0825 = 0,352$	$b = \frac{1}{3} \Sigma b \cdot \Delta \theta_2^{\text{рад}} = \frac{1}{3} 22,735 \times 0,2177 = 1,65$
---	---

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

$\Delta \theta_1 = (\theta_1 + 1,5\theta_0)/4 = (18,7 + 1,5 \cdot 0,1)/4 = 4,73^\circ$			$\Delta \theta_1^{\text{рад}} = 4,73^\circ / 57,3 = 0,0825 \text{ рад}$		
$\Delta \theta_2 = (\theta_6 - 1,5\theta_0)/4 = (50 - 1,5 \cdot 0,1)/4 = 12,48^\circ$			$\Delta \theta_2^{\text{рад}} = 12,48^\circ / 57,3 = 0,2177 \text{ рад}$		
a_i	k_i	$a_i \cdot k_i$	b_i	k_i	$b_i \cdot k_i$
$a_1 = 2,12$	1	2,120	$b_1 = 0$	1	0
$a_2 = 1,62$	4	6,480	$b_2 = 1,41$	4	5,64
$a_3 = 1,08$	2	2,160	$b_3 = 2,46$	2	4,92
$a_4 = 0,53$	4	2,120	$b_4 = 2,59$	4	10,36
$a_5 = 0$	1	0	$b_5 = 2,164$	1	2,164
		$\Sigma a = 12,88$			$\Sigma b = 23,084$
$a = \frac{1}{3} \Sigma a \cdot \Delta \theta_1^{\text{рад}} = \frac{1}{3} 12,88 \times 0,0825 = 0,354$			$b = \frac{1}{3} \Sigma b \cdot \Delta \theta_2^{\text{рад}} = \frac{1}{3} 23,084 \times 0,2177 = 1,675$		

4.6 Перевірка виконання рекомендованих ІМО критеріїв остійності

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

Таблиця 4.15 – Перевірка виконання рекомендацій ІМО

Найменування величин	Позна-чення	Значення величин			Викон. (YES/NO)
		норма-тивні	відхід	прихід	
Загальні критерії:					
Площа під ДСО до кута крену 30 ⁰ , м·рад	A ₃₀	≥ 0,055	0,819	0,826	YES
Площа під ДСО до кута крену 40 ⁰ , м·рад	A ₄₀	≥ 0,09	1,257	1,273	YES
Площа під ДСО між 30 ° і 40 °, м рад	A ₃₀₋₄₀	≥ 0,03	0,438	0,447	YES
Плече ДСО при куті крену 30° або більше, м	l ₃₀	≥ 0,20	2,549	2,589	YES
Кут крену, що відповідає максимуму ДСО, °	θ _м	≥ 25	34,0	34,5	YES
Виправлена метацентрична висота, м	h	> 0,15	6,41	6,44	YES

Критерій погоди	K	≥ 1	4,69	4,73	YES
Кут крену від постійного вітру, °	θ_0	≤ 11.0	0,1	0,1	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 схвалену класифікаційним товариством програму.

Результати розрахунку по судновій програмі сили, що перерізує, SF і згинального моменту BM на відхід судна представлені в табл.4.16.

Таблиця 4.16 – Перевірка подовжньої міцності на відхід

Переріз	SF, т	SFsea, %	Доп.SF, т	BM, тм	BMsea, %	Доп.BM, тм
14	685	17,1	4001	4801	14,1	34012
28,5	-151	2,5	-6002	8938	11,2	79527
43	-863	10,8	-8003	3978	3,2	125043
49	-1510	18,0	-8403	-1556	1,6	-100034
54	-1988	22,8	-8703	-9060	7,5	-120041
55	-1817	15,7	-11604	-16921	12,1	-140048
58,5	-1288	12,3	-10504	-42767	18,4	-232387
62	-933	8,8	-10604	-60890	19,3	-315108
65,5	-779	7,3	-10604	-74931	23,8	-315108
69	-658	6,2	-10604	-86766	27,5	-315108
72,5	-401	3,4	-11758	-95750	30,4	-315108
76	-190	1,3	-14605	-100326	31,8	-315108
79,5	92	0,8	12317	-100664	31,9	-315108
83	393	3,4	11604	-96016	30,5	-315108
86,5	763	6,7	11360	-85618	6,7	-230337

90	1306	10,6	12304	-67696	37,6	-180062
93,5	1876	16,3	11491	-40913	37,2	-110038
97	1958	28,0	7002	-8123	20,3	-40014

Максимальна перерізуюча сила 1958 т на 97 шпангоуті.

Максимальний згинальний момент -67696 тм на 90 шпангоуті.

На рис.4.4. представлена епюра міцності на відхід.

За результатами розрахунків можна зробити висновок, що протягом усього рейсу загальна поздовжня міцність забезпечена.

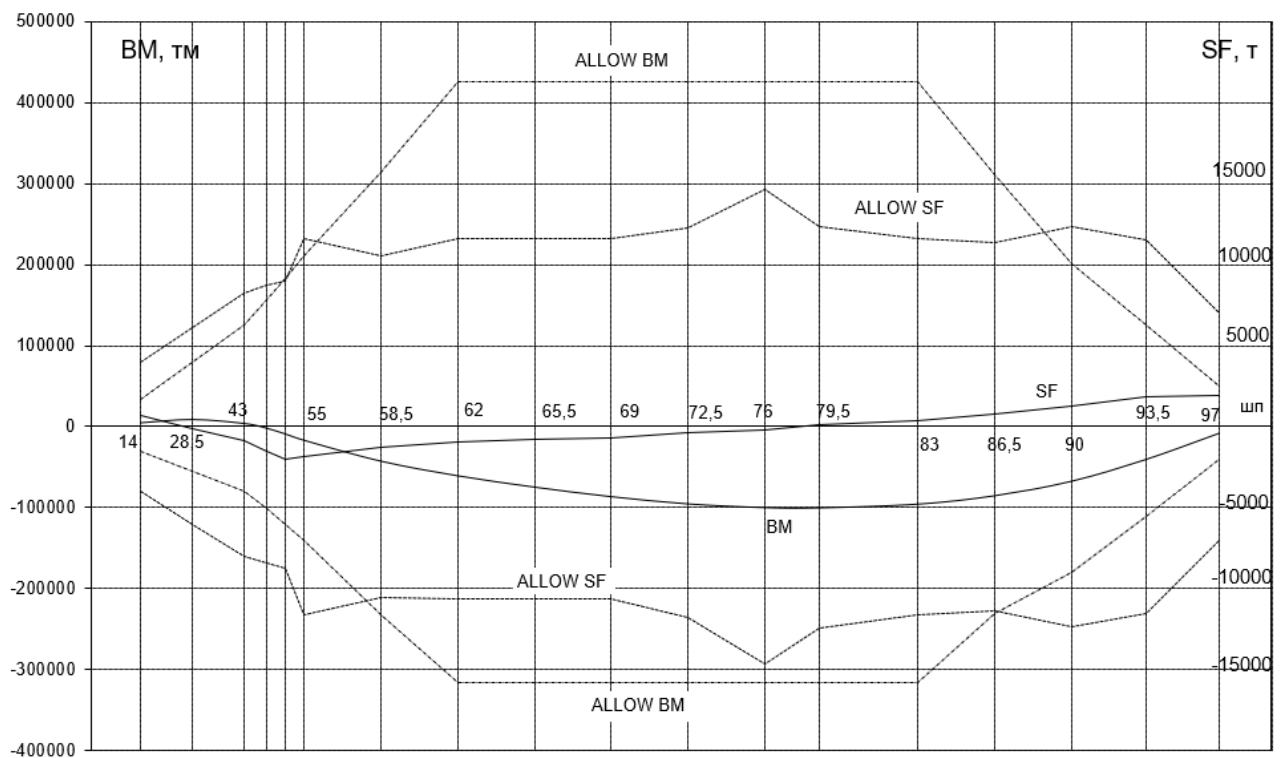


Рисунок 4.4 - Контроль міцності на відхід

РОЗДІЛ 5

МЕТОДИ ТА ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ ВИЗНАЧЕННЯ ПОЛЮСА ПОВОРОТУ СУДНА ПРИ МАНЕВРУВАННІ

5.1 Теоретичні основи та параметри визначення полюса повороту судна

Існує два види руху тіл: поступальне, при якому усі точки тіла переміщаються по паралельних траєкторіях і мають однакову швидкість, і обертальне, коли точки тіла мають різну швидкість і існує така точка, швидкість якої дорівнює нулю. Стосовно судна, що бере участь в криволінійному русі, таку точку називають полюсом повороту (ПП). Якщо бути точнішим, то обертання судна відбувається навкруги ПП з точки зору спостерігача, що знаходиться на судні. Знання того, де знаходиться ПП, надзвичайно важливо для судноводія при маневруванні в обмежених умовах з двох причин.

Перша полягає в тому, що при оглядовому - порівняльному способі управління судном операторові здається, що обертання відбувається навколо нього, у той час коли фактично відбувається навколо ПП. Це призводить до невірної оцінки відстаней до орієнтирів і створює передумови для виникнення аварійної ситуації.

Друга полягає в тому, що при використанні буксирів точка прикладення сили відносно ПП дозволяє меншою потужністю отримати максимальний момент від сили упору буксира, шляхом вибору точки прикладення - чим далі від ПП, тим він більший.

У більшості випадків при такому маневруванні судна оператор прибігає до окомірної оцінки і керує додатковими управляючими силами на підставі свого досвіду по управлінню конкретним судном і інтуїції. Проте при цьому нічого не заважає йому користуватися допоміжною інформацією про процес маневрування, яку йому поставлятиме ЕОМ, обробляючи сигнали, що

поступають від датчиків, на основі закладеної в неї математичної моделі руху судна.

Застосовуючи такий підхід, судноводій зможе керувати процесом руху точніше і безаварійно. В силу вказаних причин дана проблема є дуже актуальною. Порівняльна характеристика поступального та обертального руху судна наведено у табл. 5.1.

Таблиця 5.1 — Порівняльна характеристика поступального та обертального руху судна

Характеристика	Поступальний рух	Обертальний рух
Траєкторії точок корпусу	Паралельні	Концентричні навколо ПП
Швидкість точок	Однакова	Змінюється пропорційно відстані до ПП
Наявність ПП	Відсутній	Є точка з нульовою швидкістю
Вплив на маневрування	Мінімальний	Визначає траєкторію у повороті
Практичне значення	Режими ходу	Режими маневрування

Виконаний аналіз аварійності для району БДЛК і ХМК за останні 25 років, результати якого приведені в роботі [23, 28] показав, що лоцманська проводка є ефективним засобом підвищення безпеки плавання, проте аварійні події відбуваються і за наявності лоцмана на борту. Причиною вказаних випадків є відсутність узгодженості чинників руху і психофізіологічних характеристик людини - оператора (ЛО).

У роботі [28] приведені результати рішення диференціальних рівнянь за визначенням сили і моменту, що діють на корпус судна, в результаті отримані залежності для визначення точки прикладення бічної сили і положення ПП. Основним положенням при визначенні полюса повороту є розташування його по іншу сторону відносно центру ваги G .

Диференціальні рівняння руху

Рівняння поперечного руху судна навколо вертикальної осі Z мають вигляд:

$$Y_h + Y_u = 0, \quad (5.1)$$

де

Y_h — гідродинамічна поперечна сила;

Y_u — поперечна сила засобів керування.

Елементарна сила та момент уздовж корпусу описуються рівняннями:

$$dY_h = C_y \cdot \rho \cdot v^2 dx, \quad (5.2)$$

$$dM_h = x \cdot dY_h, \quad (5.3)$$

де

C_y — гідродинамічний коефіцієнт;

Лінійна швидкість будь-якої елементарної частки визначається кутовою швидкістю і відстанню від полюсу повороту, і визначають по формулі

$$V = (\bar{X}_\Pi - \bar{X}) \cdot \omega \cdot L, \quad (5.4)$$

де ω - кутова швидкість крутіння.

Для випадку, коли ПП за межами корпусу рівняння (5.1) може бути записано:

$$R_y = C_r \cdot \frac{\rho}{2} dL^3 \cdot \omega^2 \int_{-1/2}^{1/2} (\bar{X}_\Pi - \bar{X})^2 d\bar{x}. \quad (5.5)$$

$$M_P = C_r \cdot \frac{\rho}{2} dL^4 \cdot \omega^2 \int_{-1/2}^{1/2} (\bar{X}_\Pi - \bar{X})^2 \cdot \bar{x} \cdot d\bar{x}. \quad (5.6)$$

Для випадку, коли ПП в межах корпусу $X_\Pi < 1/2$ рівняння 5.1 може бути записано:

$$R_y = C_r \cdot \frac{\rho}{2} dL^3 \cdot \omega^2 \left[\int_{-1/2}^{\bar{X}_\Pi} (\bar{X}_\Pi - \bar{X})^2 d\bar{x} - \int_{\bar{X}_\Pi}^{1/2} (\bar{X}_\Pi - \bar{X})^2 d\bar{x} \right]. \quad (5.7)$$

$$M_P = C_r \cdot \frac{\rho}{2} dL^4 \cdot \omega^2 \left[\int_{-1/2}^{\bar{X}_\Pi} (\bar{X}_\Pi - \bar{X})^2 \cdot \bar{x} \cdot d\bar{x} - \int_{\bar{X}_\Pi}^{1/2} (\bar{X}_\Pi - \bar{X})^2 \cdot \bar{x} \cdot d\bar{x} \right]. \quad (5.8)$$

Після рішення диференціальних рівнянь (5.5) – (5.8) між точкою прикладання бокової сили X_p (відносне плече поперечної сили від ЦВ $\bar{X}_p = X_p / L$) і положенням ПП на лінії ДП X_{Π} (відносне положення ПП від ЦВ $\bar{X}_{\Pi} = X_{\Pi} / L$) отримана залежність:

- при розміщенні полюса повороту за межами корпусу, $\bar{X}_p > 0.5$

$$\bar{X}_p = (-X_{\Pi} / 6) / (\bar{X}_{\Pi}^2 + 1 / 12) . \quad (5.9)$$

- при розміщенні полюса повороту в межах корпусу, $\bar{X}_p < 0.5$

$$\bar{X}_p = (\bar{X}_{\Pi}^4 / 6 - \bar{X}_{\Pi}^2 / 4 - 1 / 32) / (2 \cdot \bar{X}_{\Pi}^3 / 3 + \bar{X}_{\Pi} / 2) . \quad (5.10)$$

За цими формулами побудовано графік (рис. 5.1).

Крім того необхідно відмітити, що тільки обертання судна, без поперечного і подовжнього переміщення, можливо тільки у тому випадку, коли ПП співпадає з ЦВ.

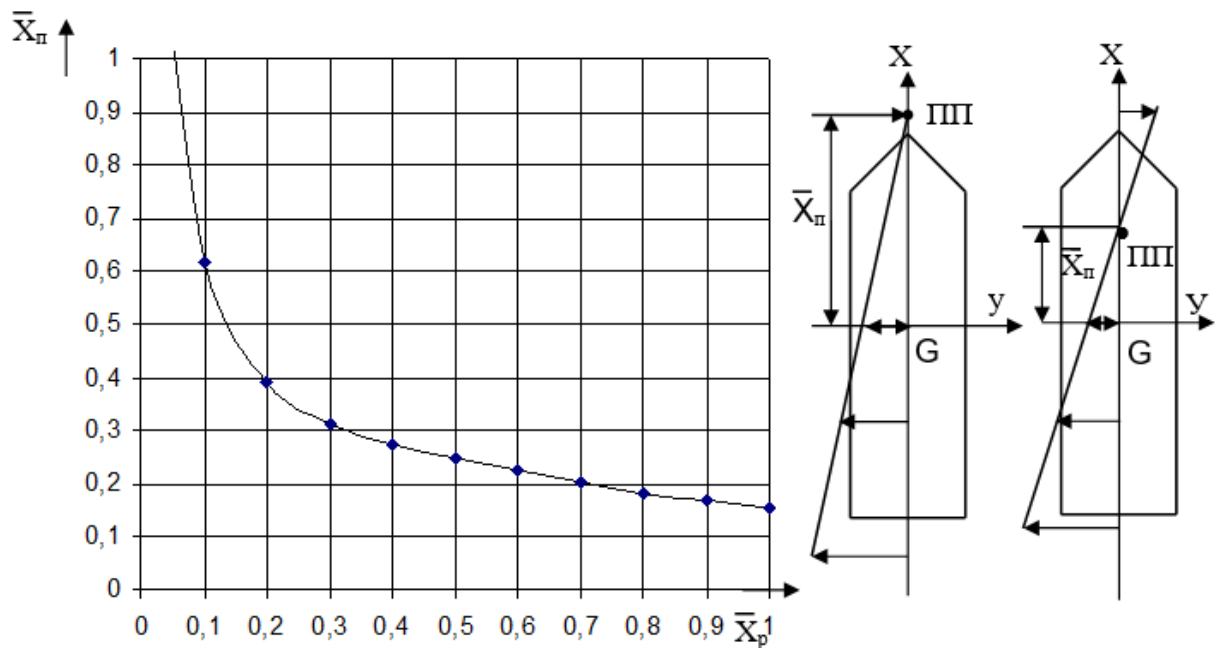


Рисунок 5.1 Залежність положення полюса повороту від точки прикладання поперечної сили

Інакше при обертанні виникає відцентрова сила, прикладена до ЦВ, внаслідок чого судно отримує переміщення в подовжньому і поперечному напрямках.

У роботах [23, 25] містяться теоретичні основи для розробки методів і способів, а також технічних засобів, необхідних для забезпечення безпечного управління маневруванням судна.

Проте вони не забезпечують функції підтримки ухвалення рішення, а служать переважно для інформаційного забезпечення. Існуючі моделі не дозволяють визначити положення ПП коли на судно діє декілька сил.

5.2 Пристрій для визначення положення ПП при використанні буксирів

Метою дослідження, наведеного в роботі [25, 28] ,було завдання розробки алгоритмів і пристроїв визначення положення ПП для інформаційного забезпечення маневрування і технічних засобів підтримки ухвалення рішень в процесі управління рухом суден. Для досягнення поставленої мети був розроблений наступний алгоритм рішення задачі визначення положення полюса повороту.

1. Фіксація всіх внутрішніх та зовнішніх сил.
2. Розрахунок рівнодійної поперечної складової.
3. Обчислення плеча.
4. Визначення положення ПП.
5. Коригування маневру (за потреби).
6. Індикація положення ПП на дисплеї. 6. Вивести значення координат ПП на екран дисплея і на контур судна.

На судно при маневруванні діють два види сил : внутрішні управління, що розвиваються судновими засобами, - гвинтом, кермом, носовим і кормовим підрулюючими пристроями; зовнішні, від буксирів, якоря, швартовних кінців, вітру, течії і другі.

Рівнодійну поперечних сил визначимо в наступній послідовності. Виконаємо розрахунок суми усіх поперечних сил по наступним залежностям.

$$\sum_{i=1}^n P_{\text{рез}} = P_1 \cdot \sin \alpha_1 + P_2 \cdot \sin \alpha_2 + \dots + P_i \cdot \sin \alpha_i + \dots P_n \cdot \sin \alpha_n$$

(5.11)

де $P_{\text{рез}}$ - рівнодійна поперечних сил;

$P_1, P_2, \dots, P_i, \dots, P_n$ - сили, прикладені від буксирів, поперечна сила гвинта, сила від руля та підрулюючого пристрою з відповідним знаком, + в сторону правого борту, а - в сторону лівого;

$\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_i, \dots, \alpha_n$ - кут між діаметральною площиною і напрямком дії сили.

Суму моментів відносно центру ваги G визначимо по залежностям

$$\sum_{i=1}^n M = P_1 \cdot \sin \alpha_1 \cdot \bar{\ell}_1 + P_2 \cdot \sin \alpha_2 \cdot \bar{\ell}_2 + \dots + P_i \cdot \sin \alpha_i \cdot \bar{\ell}_i + \dots P_n \cdot \sin \alpha_n \cdot \bar{\ell}_n \quad (5.12)$$

де $\bar{\ell}_1, \bar{\ell}_2, \dots, \bar{\ell}_i, \dots, \bar{\ell}_n$ - безрозмірне плече кожної сили, $\bar{\ell} = \ell / L_{\perp\perp}$;

$L_{\perp\perp}$ - довжина судна між перпендикулярами.

Точку прикладання рівнодійної сили визначимо по наступній залежності:

$$\bar{X}_P = \sum_{i=1}^n M / P_{\text{рез}}. \quad (5.13)$$

На основі залежностей (5.9) і (5.10) будуємо функцію виду $\bar{X}_{\Pi} = f(\bar{X}_P)$. Оскільки для побудови цієї функції ми стикаємося із завданням знаходження коренів полінома 4-го порядку, то найдоцільніше табулювати залежності (5.9) і (5.10) і апроксимувати їх поліномом 3-го порядку. В результаті маємо функцію з достовірністю (рис.5.2) $R^2 = 0,999$:

$$\bar{X}_{\Pi} = \begin{cases} 18,11\bar{X}_P^3 + 27,44\bar{X}_P^2 + 14,05\bar{X}_P + 2,576; & \text{для } -0,5 \leq \bar{X}_P \leq -0,15. \\ 18,11\bar{X}_P^3 - 27,44\bar{X}_P^2 + 14,05\bar{X}_P - 2,576; & \text{для } 0,15 \leq \bar{X}_P \leq 0,5. \end{cases} \quad (5.14)$$

Як бачимо, тут ми маємо зону $\bar{X}_P$ від -0,15 до 0,15, де $\bar{X}_{\Pi} > 1$ з розрахунку ми її виключаємо, в разі потрапляння в цю зону на екрані має з'явитися відповідне повідомлення.

Отримана залежність (5.14) легко піддається операціями диференціювання та інтегрування. [25]. У разі необхідності ця ділянка описується за достовірністю $R^2 = 0,999$ по залежностях:

$$\bar{X}_{II} = \begin{cases} 18,11\bar{X}_P^3 + 27,44\bar{X}_P^2 + 14,05\bar{X}_P + 2,576; & \text{для } -0,5 \leq \bar{X}_P \leq -0,15. \\ -0,149/(\bar{X}_P + 0,005); & \text{для } -0,15 \leq \bar{X}_P \leq 0. \\ -0,149/(\bar{X}_P - 0,005); & \text{для } 0 \leq \bar{X}_P < 0,15. \\ 18,11\bar{X}_P^3 - 27,44\bar{X}_P^2 + 14,05\bar{X}_P - 2,576; & \text{для } 0,15 \leq \bar{X}_P \leq 0,5. \end{cases}$$

(5.15)

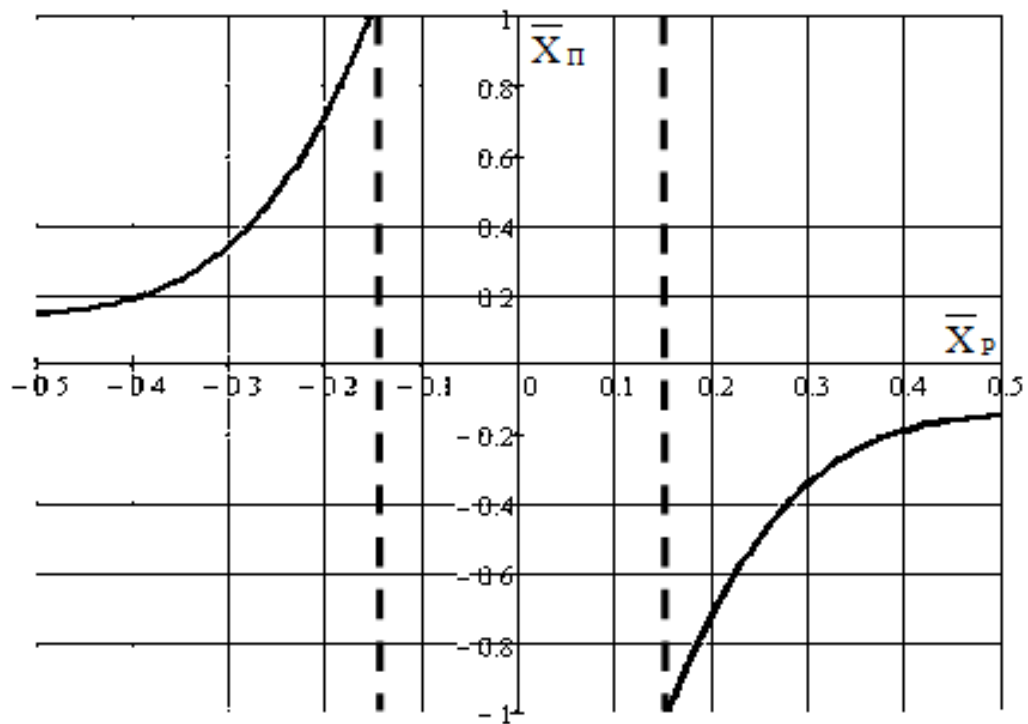


Рисунок 5.2 - Залежність положення ПП від точки прикладання $P_{рез}$

Тоді рис.5.2 трансформується до виду, приведеному на рис.5.3.

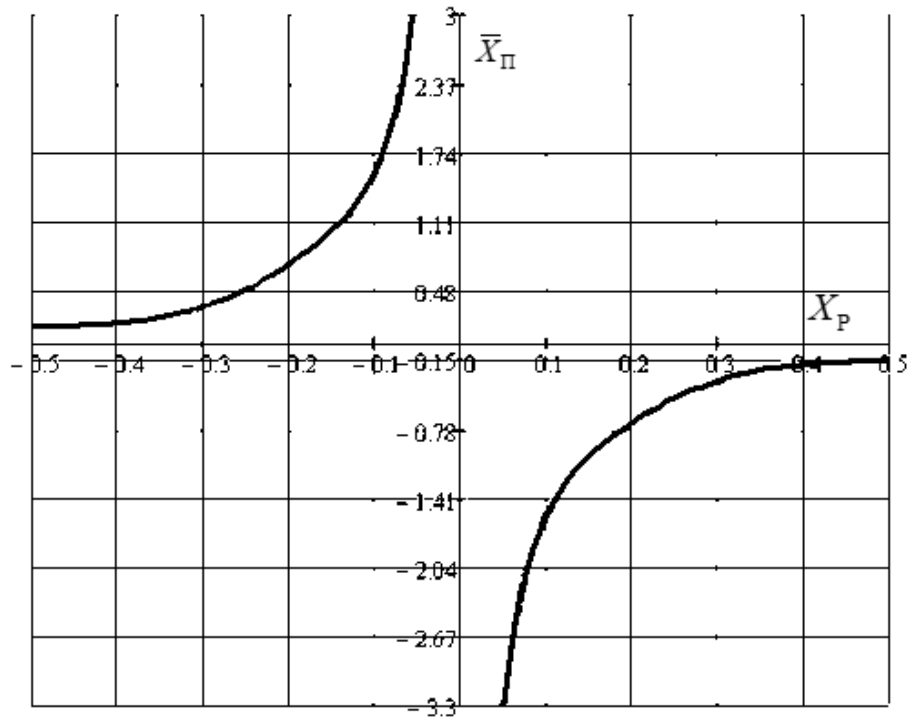


Рисунок 5.3 - Залежність положення ПП від точки прикладання $P_{рез}$ поперечної сили біля центру ваги

Блок - схема алгоритму розрахунку і індикації положення ПП наведена на рис.5.4. Процес обертання судна складний через різноманіття діючих на його корпус сил і складного закону їх зміни, оскільки поперечна складова рівнодіючої гідродинамічних сил на корпусі, що надає значний вплив на обертання судна, залежить від кута натікання потоку на корпус судна, інакше кажучи, кута дрейфу, який у свою чергу змінюється під дією виникаючих при криволінійному русі судна гідродинамічних сил, то рух судна при повороті є несталим. Такий вид руху має місце при перекладці керма на певний кут на судні яке рухається в процесі маневреного та еволюційного періоду циркуляції. Коли ж кут дрейфу перестає рости і настає рівновага діючих на судно сил і моментів, елементи руху судна набувають сталого характеру, і настає період сталої циркуляції. Для прогнозування положення судна при русі з перекладеним кермом користуються геометричними характеристиками циркуляції, такі як зсув, пряме зміщення, зворотне зміщення, тактичний діаметр циркуляції, діаметр сталої циркуляції [23, 24].

Точність їх отримання достатня для того, щоб користуватися ними для розрахунку руху судна при проходженні поблизу навігаційних небезпек у відкритому морі. Однак на акваторії порту в стислих умовах не допускається рух судна з великою швидкістю і при цьому воно більше схильно впливу зовнішніх умов, внаслідок чого точність отримання геометричних характеристик циркуляції не дозволяє використовувати метод при оцінці становища судна щодо інших суден і причальних споруд. Завдання значно ускладняється при використанні буксирів, і появляються додаткові сили і моменти.

Таблиця 5.2 — Внутрішні та зовнішні сили, що впливають на положення ПП

Група сил	Джерело виникнення	Вплив на ПП	Характер дії
Внутрішні	Гребний гвинт, кермо, підрулювачі	Створюють коригуючі моменти	Керовані
Зовнішні	Буксири, вітер, течія, швартові	Зміщують ПП уперед/назад	Некеровані або частково керовані
Гідродинамічні	Дрейф корпусу, тиск на борти	Визначають момент опору	Нелінійні, змінні
Сумарні поперечні сили	Рівнодіюча всіх сил	Основний параметр розрахунку ПП	Використовуються в (5.11)–(5.13)

Недоліком існуючої системи є те, що визначення положення ПП і точки прикладання сили проводиться за неповними даними, оскільки вони є тільки для кожної сили окремо, не дає можливості оцінити становище для рівнодіючої поперечної сили при швартуванні, готувати план маневрування, дає значну затримку у прийнятті необхідних рішень щодо організації управління судном.

Переваги пристрою

- забезпечення інформаційної підтримки судноводія;
- скорочення часу ухвалення рішень;
- можливість оптимізації розстановки буксирів;

- висока точність визначення точки дії рівнодіючої сили.

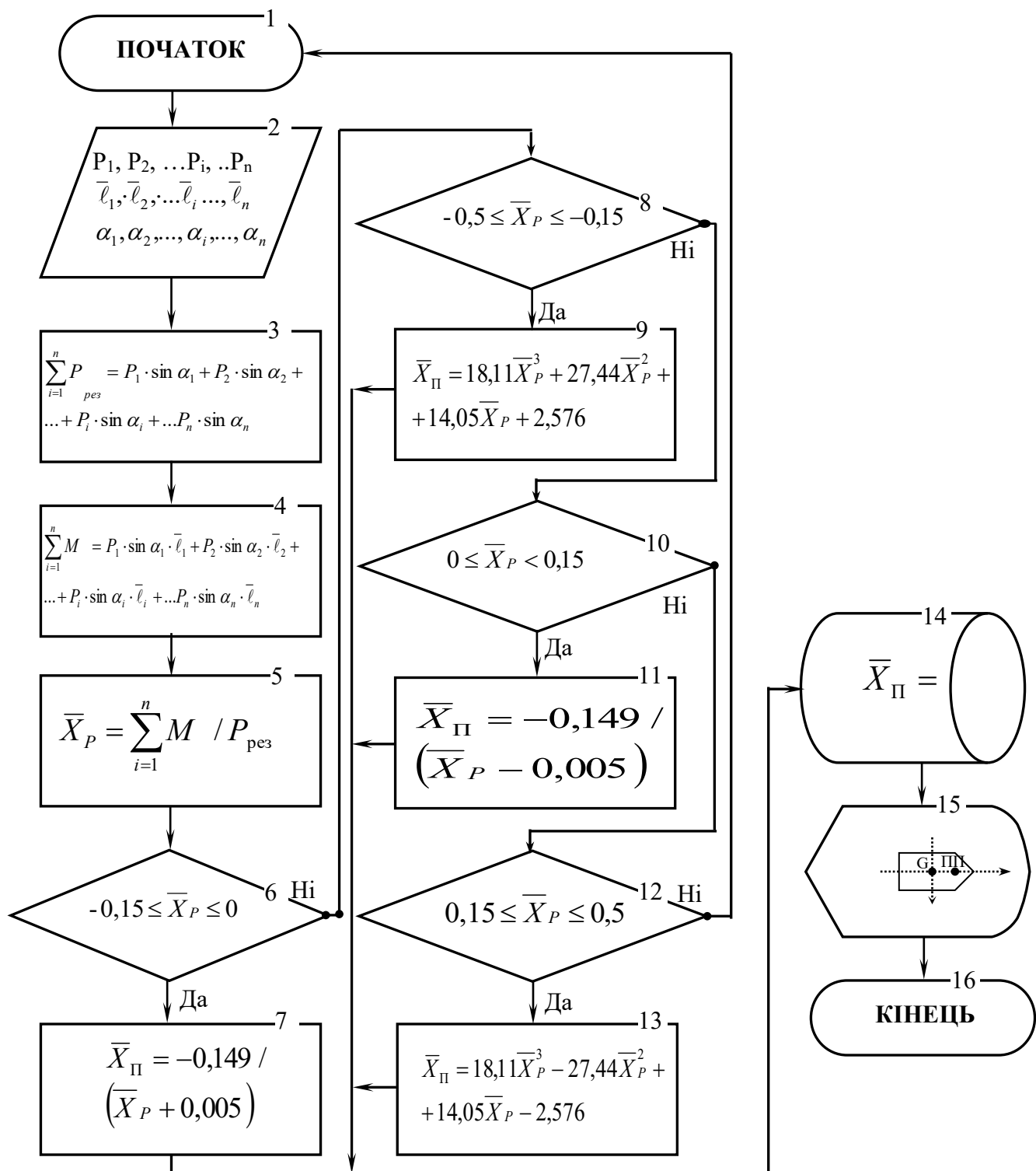


Рисунок 5.4 - Блок – схема алгоритму розрахунку положення ПП

Таблиця 5.3 — Порівняння методів визначення полюса повороту

Метод	Переваги	Недоліки	Область
-------	----------	----------	---------

			застосування
За рівнодіючою поперечних сил	Враховує всі сили; точний	Потрібно знати точки прикладення	Швартування, робота з буксирами
За тангенціальними швидкостями (5.16)	Не потребує інформації про сили; безперервний сигнал	Потрібні датчики швидкостей	Маневрування в реальному часі

Запропонований пристрій дозволяє говорити про створення передумов для гарантованої навігаційної безпеки, за рахунок детермінізації алгоритмів операторської діяльності, узгодженості психофізіологічних характеристик оператора і факторів руху та якісного планування траєкторії переміщення при проводці суден.

Реалізація та впровадження в практику штурманської роботи пристрою дозволить говорити про появу засоби підтримки прийняття рішення, а його функціональні можливості знаходяться на сучасному рівні стану світової судноводійної науки. Створюваний пристрій може бути виконано на базі малогабаритного персонального комп'ютера.

Розглянуті ідеї і принципи побудови пристрою можуть бути впроваджені на судах для вироблення рекомендацій з маневрування в обмежених умовах. Запропонований пристрій може бути використано при тренажерній підготовці в процесі навчання капітанів, лоцманів і на старших курсах морських навчальних закладів України.

5.3 Визначення ПП за тангенціальними швидкостями кінцівок судна

Розглянуті способи визначення положення ПП володіють тим недостатком, що для визначення абсциси необхідно вводити дані про плечі і точки прикладення бічних сил. Спосіб і блок – схема пристрою [25] для інформаційного забезпечення процесу управління судном під час маневрування

шляхом визначення положення ПП на діаметральній площині (ДП), навколо якого відбувається обертання, за значенням тангенціальних швидкостей точок на носовому і кормовому перпендикулярах ДП, і розрахунок положення ПП по їх значенням для прийняття рішення з маневрування наведено на рис.5.5.

Пристрій містить блок вимірювання тангенціальних швидкостей точки на носовому перпендикулярі, блок вимірювання тангенціальних швидкостей точки на кормовому перпендикулярі, блок розрахунку координат ПП, блок інформації про становище ПП, блок індикації на контурі судна.

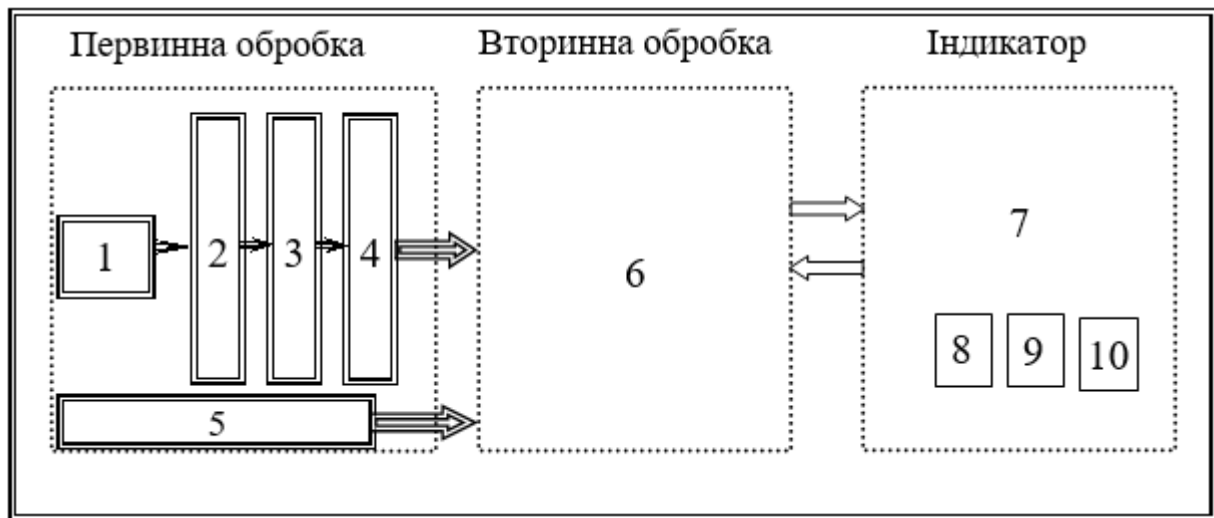


Рисунок 5.5 - Блок – схема пристрою визначення положення ПП

Система вторинної обробки містить електронну обчислювальну машину, пов'язану з індикатором, який має дисплей, блок графічного зображення контуру судна, блок органів управління, який відрізняється тим, що система первинної обробки містить блоки вимірювання тангенціальних швидкостей і розрахунку координат ПП без знання величини і точок прикладання внутрішніх і зовнішніх сил.

Блок розрахунку точки прикладання рівнодіючої бічної сили, блок безперервної інформації про становище ПП і його візуальної індикації, який підключено до системи вторинної обробки та індикації ПП, який відрізняється тим, що система первинної обробки додатково забезпечена блоками безперервного вимірювання тангенціальних швидкостей, які безпосередньо пов'язані з системою вторинної обробки, а індикатор додатково містить блок безперервної інформації про становище ПП і точки прикладання рівнодіючої

всіх сил.

Корисна модель відноситься до засобів інформаційного забезпечення управління рухом судна при маневруванні і використовується як засіб безперервного автоматичного визначення положення ПП, без інформації про внутрішні і зовнішні керуючі сили, для оперативного управління рухом суден при русі і використанні буксирів.

Принцип дії приладу оснований на розрахунку положення ПП і точки прикладання рівнодіючої поперечної сили по наступним залежностям, рис.5.6.

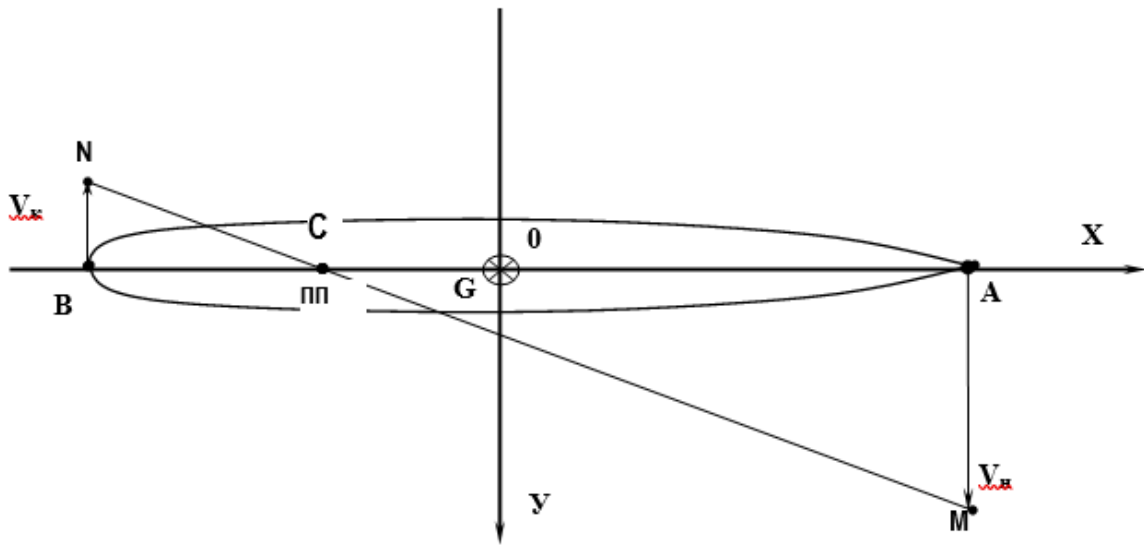


Рисунок 5.6 – Розрахункова схема визначення ПП по тангенціальним швидкостям

Принцип дії базується на використанні залежності:

$$X_{пп} = \frac{-V_H}{V_K - V_H} (X_B - X_A) + X_A \quad (5.16)$$

де $X_{пп}$ - абсциса ПП з відповідним знаком + в сторону носа і – в сторону корми відповідно центру ваги; V_H - тангенціальна швидкість точки ДП на носовому перпендикулярі V_K - тангенціальна швидкість точки ДП на кормовому перпендикулярі; $X_B = -0,5 \cdot L_{\perp\perp}$ - координата точки ДП на кормовому перпендикулярі; $X_A = 0,5 \cdot L_{\perp\perp}$ - координата точки ДП на носовому перпендикулярі; $L_{\perp\perp}$ - довжина судна між перпендикулярами.

Координати точки прикладання рівнодіючої поперечних $P_{раб}$ сил $\bar{X}_P$ розрахуємо по наступним формулам.

При відносних координатах $\bar{X}_{пп} = (X_{пп} / L_{\perp\perp}) < 0,5$

$$\bar{X}_P = \frac{\frac{1}{6} \bar{x}_{пп}^4 - \frac{1}{4} \bar{x}_{пп}^2 - \frac{1}{32}}{\frac{2}{3} \bar{x}_{пп}^3 + \frac{1}{2} \bar{x}_{пп}}. \quad (5.17)$$

При відносних координатах $\bar{X}_{пп} = (X_{пп} / L_{\perp\perp}) > 0,5$

$$\bar{X}_P = \frac{-\frac{1}{6} \bar{x}_{пп}}{\bar{x}_{пп}^2 + \frac{1}{12}}$$

Контроль зміни положення ПП дозволяє отримувати безперервну інформацію що стосується необхідності зміни плану маневрування без затримок, властивих приладам оцінки відхилення показників.

Найбільш близькою по технічній сутності є формалізована модель [22], яка містить тільки залежності в вигляді формул для графічного розрахунку точки прикладання поперечної сили по положенню полюса повороту і навпаки.

Недоліком зазначеної системи є те, що визначення положення ПП і точки прикладання сили проводиться за неповними даними, оскільки вони є тільки для кожної сили окремо, що не дає можливості оцінювати ПП для рівнодіючої поперечної сили при швартуванні, готувати план маневрування, яке дає значну затримку у прийнятті необхідних рішень щодо організації управління судном.

В основу корисної моделі поставлена задача створення навігаційного пристрою для інформаційного забезпечення маневрування в стислих умовах шляхом удосконалення системи первинної обробки і індикатора положення ПП для зниження ризиків виникнення аварійних ситуацій при проводці судна в обмежених умовах при використанні буксирних суден для забезпечення безпечного маневрування.

Поставлена задача досягається тим, що в пристрої для інформаційного забезпечення процесу маневрування в обмежених умовах

додатково введено прилад, який містить систему первинної обробки і включає блоки розрахунку рівнодіючої доданих до корпусу зовнішніх і внутрішніх сил, блок розрахунку характеристик плеча точки докладання діючої поперечної сили, блок розрахунку координат ПП, блок інформації про становище ПП і його візуальної індикації, який підключений до системи вторинної обробки та індикації ПП, що містить електрону обчислювальну машину, графічного зображення контуру судна, блок органів управління, згідно корисної моделі, система первинної обробки додатково забезпечена блоком вхідних даних про зовнішні і внутрішні сили судна, які використовуються при маневруванні і пов'язаний безпосередньо з системою вторинної обробки, а індикатор додатково містить блок контролю положення ПП.

Зв'язок між сукупністю ознак корисної моделі і технічним результатом, який досягається, полягає в наступному. Блок вхідних даних про внутрішні і зовнішні сили, які використовуються при маневруванні судна, що підлягає проводці забезпечує зниження ризику виникнення аварійних ситуацій за рахунок підвищення інформаційного забезпечення та отримання оптимальної розстановки буксирів при маневруванні.

Блок розрахунку рівнодіючої доданих до корпусу зовнішніх і внутрішніх сил забезпечує своєчасне визначення точки прикладання єдиної сили і моменту для визначення положення ПП.

Блок розрахунку характеристик плеча точки прикладання рівнодіючої поперечної сили забезпечує визначення положення ПП на корпусі.

Блок інформації про становище ПП і його візуальної індикації забезпечує отримання даних для прийняття рішення за оптимальною розстановці буксирів при маневруванні.

Пристрій для інформаційного забезпечення проводки морського судна має систему первинної обробки, яка містить блок зовнішніх і внутрішніх сил прикладених до корпусу судна 1, блоки розрахунку рівнодіючої доданих до корпусу зовнішніх і внутрішніх сил 2, які пов'язані

з блоком розрахунку характеристик плеча точки прикладання рівнодіючої поперечних сил 3, пов'язаний з блоком розрахунку координат положення ПП 4, підключено до блоку вторинної обробки 6 і безпосередньо пов'язаний із системою вторинної обробки 6, блоком вхідних даних про буксири 5, які використовуються при маневруванні.

Система вторинної обробки містить електронну обчислювальну машину (далі - ЕОМ), яка визначає розташування буксирних суден та їх оптимізацію, пов'язану з індикатором, який має дисплей 7, блок вибору заданої оптимальної розстановки буксирів 8, блок розрахунку даних для коригування розстановки 9, блок органів управління 10. Пристрій для інформаційного забезпечення маневрування морського судна в обмежених умовах працює таким чином.

При плануванні маневрування в системі первинної обробки від датчика зовнішніх і внутрішніх сил, які додаються до корпусу судна 1, дані приходять в блок розрахунку 2 рівнодіючої доданих до корпусу зовнішніх і внутрішніх сил. В результаті система отримує вихідні дані для розрахунку характеристик плеча точки прикладання рівнодіючої поперечної сили 3, за результатами якої визначаються координати ПП 4.

Після цього сигнал приходить на ЕОМ 6 і на індикаторі отримують необхідну інформацію щодо розстановки буксирів. Сюди ж надходить інформація по буксирного забезпечення 5 і за допомогою блоку органів управління 10 про--випроводжує оптимальна розстановка буксирів 8. При зміні ситуації виконується розрахунок даних для коригування розстановки 9.

Застосування даного способу і пристрою дозволить судноводій оперативно управляти рухом судна, шляхом контролю точки ПП, координати ко-торою визначаються без необхідності вводити дані про режими роботи суднових і зовнішніх керуючих сил, що прискорює прийняття рішення з управління процесом маневрування і зменшує вірогідність виникнення непередбачених ситуацій.

Метод дозволяє визначати ПП без введення інформації про сили, що істотно прискорює процес.

Система включає:

- блоки вимірювання тангенціальних швидкостей;
- блок розрахунку координат ПП;
- блок індикації;
- ЕОМ для обробки інформації.

Перевага: повна автоматизація контролю положення ПП та забезпечення безперервної візуальної індикації.

5.4 Вплив абсциси ПП на ширину маневрового зміщення

Для обґрунтування використання абсциси ПП $\bar{X}_{III}$ в якості критерію поворотності розглянемо вплив положення полюса повороту на радіус циркуляції кормової краю R_k і ширину смуги маневреного зміщення руху судна. Значення визначає розміри акваторії, необхідної для виконання маневру. Для цього розглянемо криволінійний рух двох суден, однакових розмірів з однаковими радіусами кривизни траєкторії полюса повороту, але з різними величинами абсцис ПП. (в одного із суден полюс повороту розташований на носовому перпендикулярі, в іншого - на відстані 0.35 довжини судна в ніс від ЦТ), як наведено на рис. 5.7.

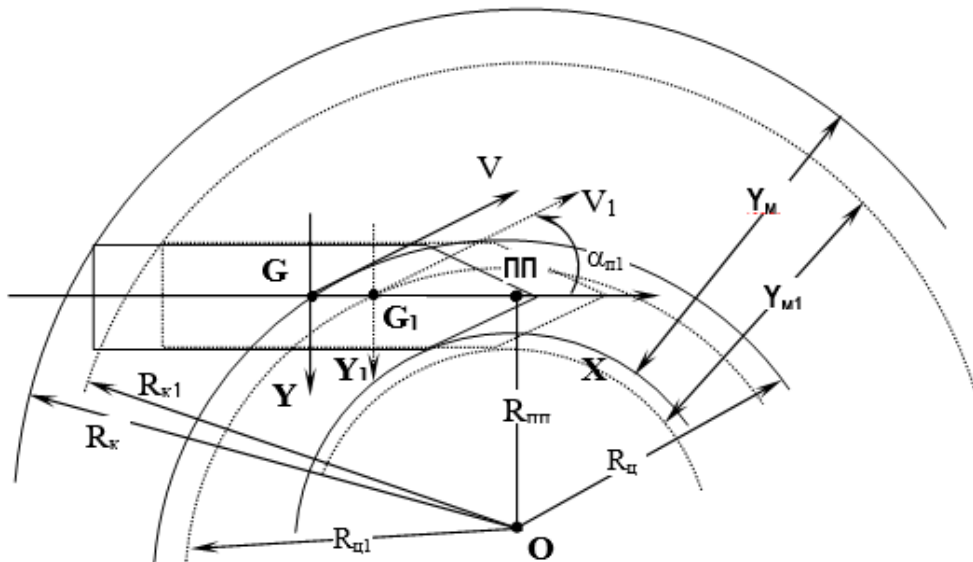


Рисунок 5.7 - Параметри криволінійного руху двох однакових суден з різними значеннями абсцис ПП

Аналіз рис.5.7 показує, що судно з меншим значенням абсциси ПП має при тому ж значенні $R_{пп}$ менший радіус циркуляції кормової кінцівки $R_{к1}$, і йому потрібна смуга руху меншої ширини $Y_{м1}$. Однак радіус циркуляції ПП $R_{пп}$ не є параметром, за яким зазвичай судять про поворотність судна.

На рис.5.8 показані геометричні параметри циркуляції для суден з різними абсцисами полюса повороту при однаковому радіусі циркуляції ЦВ $R_{ц}$.

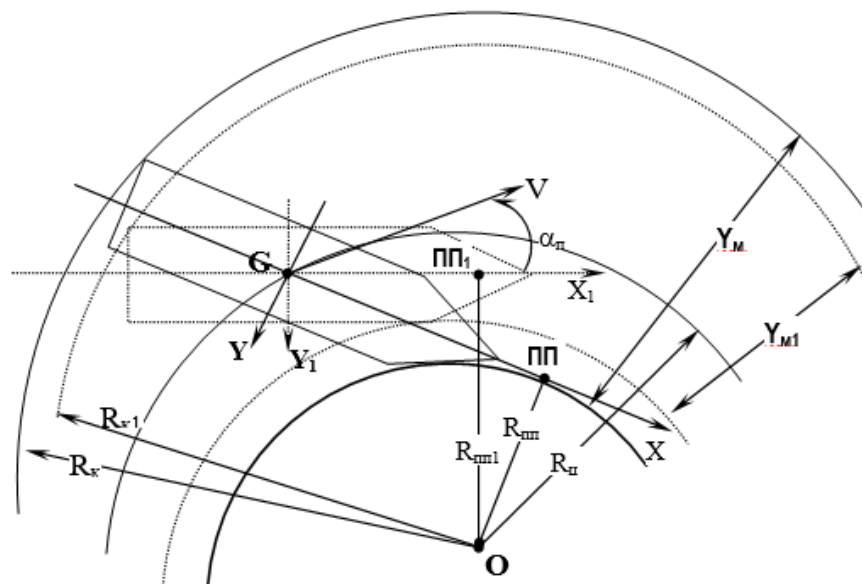


Рисунок 5.8 - Параметри криволінійного руху двох однакових суден с різними значеннями абсцис ПП і однаковим радіусом циркуляції

З рис.5.8 випливає, що при однакових радіусах циркуляції ЦТ судно з меншим значенням $X_{ПП1}$ має менший радіус циркуляції кормової краю $R_{к1}$ і більший радіус R_k у судна з великим $X_{ПП}$. Ширина необхідної смуги руху для цього судна $Y_{м1}$ помітно менше ширини смуги судна з великим значенням $X_{ПП}$. З цього порівняння випливає висновок, що судно з більшою абсцисою ПП займає більшу ширину маневреного зміщення при повороті, що слід враховувати при використанні буксирів.

При однакових радіусах циркуляції корми і різних абсцисах ПП геометричні характеристики криволінійного руху даних суден представлені на рис.5.9.

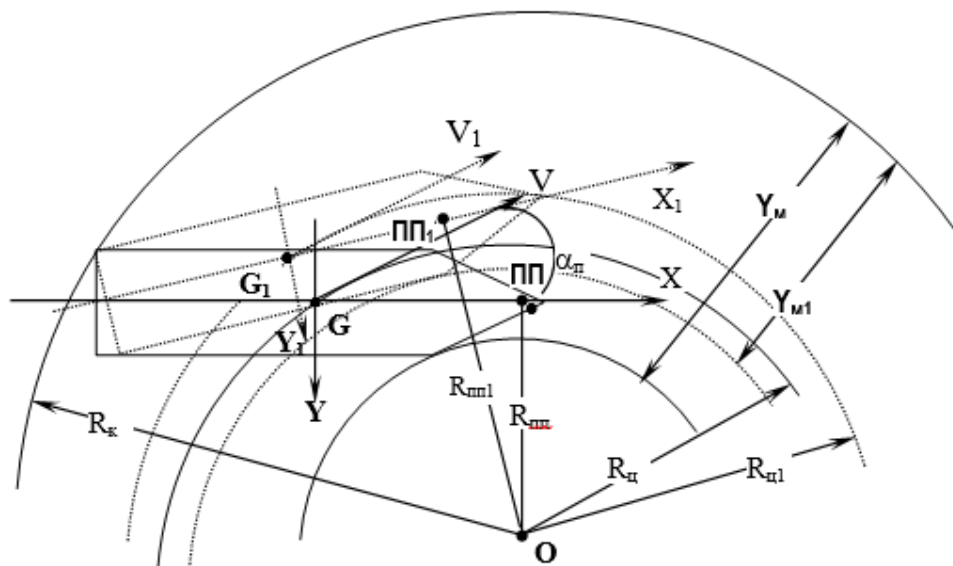


Рисунок 5.9 - Геометричні параметри криволінійного руху суден з різними значеннями абсциси ПП і однаковими R_k

З даних, представлених на рис.5.9, видно, що судно з меншим значенням $X_{ПП}$, незважаючи на більший радіус циркуляції $R_{ц1}$, вимагає смугу руху меншої ширини $Y_{м1}$. З наведеного аналізу, а також з рис.5.7 і 5.8 можна зробити наступні висновки: радіус циркуляції центру ваги R або кормового краю R_k не дає повного уявлення про розміри акваторії, необхідної для виконання маневру, а тому нормування тільки радіуса циркуляції не дає вичерпної інформації для планування маневру; зміна значення абсциси ПП суттєво впливає на значення маневреного зміщення при циркуляції судна, при цьому судно з меншим

значенням абсциси ПП, при однакових радіусах циркуляції яких або точок ДП, завжди вимагає для маневру акваторії менших розмірів.

З отриманих результатів видно, що значення абсциси ПП визначає ширину маневреного зсуву, тому він може бути використаний для нормування параметрів поворотності. Обмеження максимального значення абсциси ПП на циркуляції фактично дозволить унормувати значення ширини смуги руху судна в залежності від його головних розмірів.

Крім цього важливо відзначити таку особливість параметра $X_{ПП}$, виявлену в попередніх розділах: при повороті судна абсциса полюса повороту досягає значення, відповідного сталій циркуляції даної кривизни, ще на початку еволюційного періоду, що дає можливість приймати в розрахунках геометричних параметрів повороту судна значення $X_{ПП}$ для сталої циркуляції даного радіуса.

Таким чином, доцільно нормувати значення абсциси полюса повороту на сталій циркуляції, оскільки саме ним визначається положення полюса повороту на протязі всього часу маневру.

Особливе значення нормування абсциси полюса повороту може мати для безпеки плавання судна в обмежених умовах на акваторіях портів, в підхідних каналах, гирлах річок, на внутрішніх водних шляхах. Останнім часом з'являється багато робіт, присвячених принципам модернізації та будівництва судноплавних шляхів стосовно до сучасних умов судноплавства. Нормування керованості суден повинно проводитися в комплексі з розробками нових принципів устрою судноплавних шляхів.

Використання абсциси полюса повороту в якості нормованої величини має такі переваги:

- задати габарити акваторії можна лише встановленим радіусом кривизни траєкторії будь-якої точки ДП судна (наприклад, зазвичай використовуваними радіусами циркуляції ЦТ чи кормової краю судна) і нормованою величиною абсциси ПП на сталій циркуляції даної кривизни без використання інших параметрів руху судна;

- абсциса полюса повороту для сталої циркуляції може бути з достатньою точністю визначена ще на стадії проектування судна, так як вона залежить лише від гідродинамічних характеристик корпусу і практично не залежить від типу встановленого на судні ДРК.

Для постійного автоматичного визначення ширини маневреного зсуву для своєчасного реагування на відхилення від планового шляху в роботі [25] запропонована система контролю і реєстрації.

При управлінні судном на постійному курсі рискання має невелике значення кутової швидкості ω , величину якої може регулювати судноводій, шляхом управління швидкістю чи перекладкою руля.

При виконанні поворотів кутова швидкість значно збільшується і судноводій назначає таке значення параметру $\omega_{\text{риск}}$, при якому система автоматично переходить в режим повороту. Тому система працює в двох режимах: визначення ширини маневрового зсуву при прямолінійному русі в постійному режимі; автоматичне переключення на визначення ширини зсуву при криволінійному русі і перехід на постійний режим після повороту.

Таблиця 5.4 — Вплив значення абсциси ПП на ширину маневрового зміщення

Значення $X_{\text{ПП}}$	Радіус корми R_k	Ширина смуги зміщення Y_m	Характер маневру
Малий (ПП ближче до корми)	Менший	Менша	Судно займає вузьку смугу
Середній	Середній	Середня	Нормальні умови маневру
Великий (ПП ближче до носа)	Більший	Значно більша	Ризик виходу за межі акваторії

ВИСНОВОК

У розділі проведено комплексне дослідження теоретичних основ, технічних засобів і практичних методів визначення полюса повороту (ПП) судна при маневруванні, що є ключовою характеристикою для забезпечення

безпечної проводки в обмежених умовах. На основі аналізу наведених моделей, алгоритмів та технічних рішень встановлено таке.

По-перше, показано, що полюс повороту є фундаментальним параметром криволінійного руху судна, який визначає характер його обертання і безпосередньо впливає на точність оцінки відстаней, вибір траєкторії та прийняття рішень під час маневрування. Відомо, що неправильне уявлення про місце розташування ПП спричиняє помилки судноводія, особливо при оглядовому та порівняльному управлінні, що підтверджується аналізом аварійності.

По-друге, теоретичні залежності та розв'язання диференціальних рівнянь показали, що ПП може знаходитися як у межах корпусу, так і за його межами, а його координата визначається відносним плечем поперечної сили. Побудовані за даними формулами поліноміальні апроксимації забезпечують можливість швидкого обчислення координат ПП у режимі реального часу.

По-третє, у розділі запропоновано пристрій для визначення положення ПП при використанні буксирів, який забезпечує інформаційну підтримку судноводія в реальних умовах маневрування та істотно скорочує час ухвалення рішень. Перевагами системи є можливість обрахунку рівнодійної сили, визначення її точки прикладання та оптимальної розстановки буксирів.

По-четверте, розглянуто метод визначення ПП за тангенціальними швидкостями кінцівок судна, що дозволяє виконувати розрахунок без введення даних про діючі сили. Такий підхід забезпечує повну автоматизацію процесу та виключає затримки, характерні для моделей, що потребують ручного введення даних про сили й плечі.

По-п'яте, обґрунтовано вплив абсциси ПП на ширину маневрового зміщення. Показано, що судна з меншим значенням абсциси ПП потребують меншої ширини смуги маневру, незалежно від того, чи порівнюються радіуси циркуляції корми, центру ваги або самого ПП. Встановлено, що лише радіус циркуляції не є достатнім параметром для нормування повороткості судна, тоді як абсциса ПП є інформативним і конструктивно обґрунтованим критерієм.

Крім того, доведено, що значення абсциси ПП для сталої циркуляції може бути визначене ще на етапі проектування судна, оскільки воно залежить від гідродинамічних характеристик корпусу. Це відкриває можливість нормування ширини маневреного зсуву ще до введення судна в експлуатацію.

Загалом, результати розділу дозволяють сформулювати такі узагальнені висновки:

1. **Полюс повороту є визначальним параметром у системі керуваності судна, що безпосередньо впливає на точність оцінки траєкторії та безпеку маневру в обмежених умовах.**

2. **Сучасні методи визначення ПП потребують удосконалення, оскільки не враховують одночасну дію всіх зовнішніх та внутрішніх сил.**

3. **Запропонований пристрій та алгоритм забезпечують комплексне визначення ПП, у тому числі за рівнодійною сил, і можуть бути реалізовані як на борту судна, так і на тренажерних комплексах.**

4. **Метод визначення ПП за тангенціальними швидкостями є найбільш перспективним завдяки виключенню потреби у введенні інформації про діючі сили.**

5. **Абсциса ПП є ключовим параметром для нормування ширини маневрового зміщення, а її використання дозволяє підвищити точність проектування, експлуатації та оцінювання повороткості суден.**

6. **Автоматизовані системи контролю ПП та ширини маневрового зсуву значно підвищують рівень навігаційної безпеки, особливо у портах, каналах та інших обмежених районах плавання.**

Отже, у розділі сформовані теоретичні, технічні та практичні засади створення сучасної системи визначення полюса повороту та контролю параметрів маневрування, що має важливе значення для підвищення безпеки судноплавства.

РОЗДІЛ 6

РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ СУДНА В РЕЙС

6.1 Аналіз стану ринку танкерного тоннажу

Головною рушійною силою високих фрахтових ставок є скорочення ефективної пропозиції тоннажу (тонно-миль), що відбувається за кількома напрямками:

- Червоне море та Суецький канал: Криза та атаки в Баб-ель-Мандебській протоці та Червоному морі змусили великих гравців, включаючи Shell, тимчасово призупинити транспортування цим маршрутом. Потoki танкерів через протоку скоротилися більш ніж на 50% у 2024 році. Переорієнтація на довгий маршрут навколо мису Доброї Надії різко збільшує тривалість рейсів, що, своєю чергою, збільшує загальний попит на тонно-милі та скорочує доступний флот.
- Санкції та "Тіньовий флот": Геополітичні конфлікти та санкції проти російської нафти призвели до формування великого "тіньового флоту" старих суден. Ці судна часто експлуатуються на менш ефективних та довших маршрутах, що додатково "витягує" тоннаж із відкритого ринку.

2. Динаміка пропозиції (Флот та Нові замовлення)

Пропозиція нового тоннажу є історично низькою, що посилює дефіцит:

- Історичний мінімум поставок: У 2024 році очікувалося поповнення флоту лише двома новими супертанкерами (VLCC).
- Ріст замовлень (2024): У 2024 році було замовлено 435 танкерів, що на 31% більше, ніж у 2023 році. Цей ріст був викликаний екологічними вимогами та високими цінами на вторинному ринку.

6.2 Розрахунок кількісних та якісних показників роботи судна в рейсі

Розрахунок виконаний на підставі завдання і даних, отриманих у попередньому розділі цієї дипломної роботи, взятих із суднової документації при роботі на переддипломної практиці, а також з довідкових матеріалів кафедри М і ЕМТ ОНМА, прейскурантів, тарифів та ін.

Вихідні дані рейсу т/х «Golden Shiner» з порту Джебел Джанна до порту Сінгапур зведені в таблицю 6.1.

Таблиця 6.1 – Початкові дані для розрахунку рейсу.

№ п/п	Найменування показників	Умовн і позначення	Одиниця вимірювання	План	Факт
1	2	3	4	5	5
1	Дедвейт т/х «Golden Shiner»	D_w	тон	168579,5	168579,5
2	Запаси на початок рейсу	G_p	тон	2287,9	2287,9
3	Відстань між портами	L	милі	3540	3540
4.	Кількість навантаженого вантажу: Сира нафта	ΣQ	т	159414	159414
5	Фрахтова ставка	f_l	\$/т	25	25
6	Норми навантаження вантажу	M_n	т /доб.	17000	15963
7	Норми вивантаження вантажу	M_v	т/ доб.	12000	11268
8	Експлуатаційна швидкість	v	екс. вузли	12,6	12,6
9	Швидкість в каналах, в узкостях	v	кан. вузли	10	10
10	Добова витрата палива на ходу:				
	Важке	q_x	тон/доб	60,00	60,00
	Легке	q_x	тон/доб	2,5	2,5
11	Добова витрата палива на стоянці: Важке	q_x	тон/доб	12,0	12,0
12	Вартість однієї тони палива				
	Важке	Π	\$/т	480	480
	Легке	Π	\$/т	600	600

Продовження табл. 6.1

1	2	3	4	5	6
13	Балансова вартість судна	$C_{\text{бал}}$	тис. \$	75500	75500
14	Позаексплуатаційний час	T_{ze}	діб	15	15
15	Чисельність екіпажу	$\text{Ч}_{\text{эк}}$	чол.	30	30
16	Час затримки в дорозі	$t_{\text{зад}}$	діб.	0,1	0,2
17	Додатковий час в портах стоянки	$t_{\text{доп}}$	годину.	-	6
18	Заробітна платня	$R_{\text{зп}}$	\$/доб	3450	3450
19	Витрати на технічне постачання	$R_{\text{т.сн}}$	\$/доб	460	260
20	Навігаційні витрати	$R_{\text{нав}}$	\$/доб	445	445
21	Портові збори	$R_{\text{п}}$	\$/суд.з ах.	53500	53500
22	Агентство судів	$R_{\text{аг}}$	\$/доб	350	350
23	Витрати на страхування судів	$R_{\text{стр}}$	\$/доб	570	570
24	Вартість одного доковання, тис.;	$C_{\text{док}}$	\$	150000	150000
25	Вартість ремонту	$C_{\text{рем}}$	\$	1500000	1500000

При розрахунку кількісних показників роботи судна в рейсі використовуємо дані рейсового завдання [37, 39].

1. Розраховуємо чисту вантажопідйомність судна:

$$D_{\text{ч}} = D_{\text{в}} - G_{\text{зан}},$$

$$D_{\text{ч}} = 168579,5 - 2287,9 = 166291,6 \text{ т}$$

2. Розрахунок експлуатаційного періоду роботи судна

$$T_{\text{э}} = T_{\text{к}} - T_{\text{в.э}}$$

$$T_{\text{э}}^{\Phi} = 365 - 10 = 355 \text{ доби}$$

3. Розрахунок часу рейсу:

а) ходовий час :

$$t_{\text{х}} = \frac{L - l_{\text{узк}}}{V_{\text{экс}} \times 24} + \frac{l_{\text{узк}}}{V_{\text{узк}} \times 24} + t_{\text{зад}}$$

$$t_{\text{х}}^{\Phi} = 3540 / 12,6 \times 24 + 0,2 = 11,9 \text{ доби}$$

б) стояночний час:

$$t_{\text{ст}} = t_{\text{ст}}^{\text{н}} + t_{\text{ст}}^{\text{е}} = \left(\frac{Q_1}{M_{\text{н1}}} + \frac{Q_2}{M_{\text{н2}}} \right) + \left(\frac{Q_1}{M_{\text{е1}}} + \frac{Q_2}{M_{\text{е2}}} \right) + t_{\text{дон}}$$

$$t_{\text{ст.пл}} = 159414 / (17000 \cdot 24 \cdot 0,939) + 159414 / (12000 \cdot 24 \cdot 0,939) = 1,7 \text{ доби}$$

$$t_{\text{ст.}}^{\Phi} = 159414 / (16500 \cdot 24 \cdot 0,939) + 159414 / (11200 \cdot 24 \cdot 0,939) + 6 / 24 = 1,9 \text{ доби}$$

в) час рейсу складе $t_p = t_x + t_{\text{ст}}$

$$t_p = t_x + t_{\text{ст.}},$$

$$t_p^{\Phi} = 10,9 + 1,9 = 12,8 \text{ доби}$$

4. Розраховуємо доходи судна за рейс

$$\Sigma F = \Sigma Qf$$

$$\Sigma F^{\Phi} = 159414 \times 25 = 3985350 \text{ \$/рейс}$$

5. Розраховуємо витрати судна по статтях за добу і за рейс

Постійні експлуатаційні витрати судна

$$R_{\text{екс.}} = R_{\text{зн}} + R_{\text{хар}} + R_{\text{рем}} + R_{\text{ам}} + R_{\text{сн}} + R_{\text{м.нос}} + R_{\text{нав}} + R_{\text{норм}} / t_p + R_{\text{аз}} + R_{\text{стр}},$$

Витрати на заробітну платню екіпажу:

$$\Sigma R_{\text{зп}} = R_{\text{зп діб}} \times t_p$$

$$\Sigma R_{\text{зп}}^{\Phi} = 3450 \times 13,8 = 47610 \text{ \$/рейс}$$

Витрати на харчування екіпажу

$$\Sigma R_{\text{пит}} = \text{Ч}_{\text{эк}} \times \text{до діб} \times t_p$$

$$\Sigma R_{\text{пит.р}}^{\Phi} = 30 \times 7 \times 12,8 = 2898 \text{ \$/рейс}$$

Витрати на ремонт. Витрати даної статті виконуємо нормативним методом по формулі:

$$R_{\text{рем}}^{\text{сут}} = \frac{(n_{\text{док}} \cdot C_{\text{док}} + C_{\text{рем}}) \cdot t_{\text{мп}}}{T_{\text{экс}}},$$

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

$C_{\text{док}}$ – вартість одного доковання, тис.;

$C_{\text{рем}}$ – вартість ремонту, тис.;

$t_{\text{мп}}$ – міжремонтний період, сут.;

$T_{\text{экс}}$ – експлуатаційний період, сут.,

По нашому судну витрати на ремонт за добу експлуатації склали:

$$R_{\text{рем.с}}^{\Phi} = (1 \times 150000 + 1500000) / 5 \times 355 = 930 \text{ \$/діб.}$$

Витрати на ремонт за рейс склали:

$$\Sigma R^{рейс}_{рем} = R^{дiб}_{рем} t_p,$$

$$\Sigma R^{\Phi}_{рем.р} = 930 \times 12,8 = 12834 \text{ \$/рейс}$$

Витрати на амортизацію за рейс склали:

$$R_{ам} = \frac{C_{бал} \times H_{ам}}{T_{эк} \times 100} \times t_p$$

$$\Sigma R^{\Phi}_{ам.р} = (75500000 \times 15 / 355 \times 100) \times 12,8 = 440239 \text{ \$/рейс}$$

5. Витрати на постачання за рейс склали:

$$R_{ам} = \frac{C_{бал} \times H_{ам}}{T_{эк} \times 100} \times t_p$$

$$\Sigma R^{\Phi}_{сн.р} = (75500000 \times 2 / 355 \times 100) \times 12,8 = 58699 \text{ \$/рейс}$$

Витрати на технічне постачання ($R_{сн}$) розраховуємо за формулою:

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

де $H_{сн}$ - норма постачання;

$$R_{сн} = (10255300 \times 0,02) / 350 = 586 \text{ \$/добу};$$

- витрати на технічне постачання ($R_{т.пос.}$) 350 \\$/добу;
- навігаційні витрати, \\$/добу ($R_{нав}$) 320 \\$/добу;
- портові збори ($R_{порт}$) 48520 \\$/рейс;
- витрати з агентування ($R_{аг}$) 250 \\$/добу;
- витрати на страхування ($R_{стр}$) 300 \\$/добу.

Знайдемо постійні експлуатаційні витрати судна в національній і іноземній валюті за рейс:

$$\Sigma R^{\Phi}_{экс.} = 47610 + 2898 + 12834 + 440239 + 58699 + 6348 + 6141 + 53500 + 4830 + 7866 = 640965 \text{ \$/рейс}$$

7. Розрахуємо непрямі (адміністративно-управлінські) витрати судна з урахуванням установленого нормативу 3% від суми постійних експлуатаційних витрат судна за рейс:

$$R_{кос.} = \Sigma R_{экр.} k_{ад}$$

$$\Sigma R^{\Phi}_{кос.с} = 640965 \times 0,03 = 19229 \text{ \$/рейс}$$

8. Знаходимо загальні постійні експлуатаційні витрати за рейс

$$\Sigma R_{\text{кос.}}^{\text{рейс}} = \Sigma R_{\text{экс.}} + \Sigma R_{\text{кос.}}$$

$$\Sigma R_{\text{экс.}}^{\Phi} = 640965 + 19229 = 660194 \text{ \$/рейс}$$

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

витрати на паливо і мастильні матеріали на ходу і на стоянці за добу експлуатації.

$$R_{\text{х. маз.}} = k_{\text{см}} \times q_{\text{х}} \times \text{Ц}_m = 1,1 \times 60,00 \times 280 = 18480 \text{ \$/діб.}$$

$$R_{\text{х. диз.}} = k_{\text{см}} \times q_{\text{ст}} \times \text{Ц}_m = 1,1 \times 2,5 \times 620 = 1705 \text{ \$/діб.,}$$

$$R_{\text{ст. маз.}} = k_{\text{см}} \times q_{\text{ст}} \times \text{Ц}_m = 1,1 \times 12,0 \times 280 = 3696 \text{ \$/діб.}$$

де $K_{\text{см}}$ – коефіцієнт, що враховує витрати на мастильні, обтиральні матеріали. У залежності від двигуна $K_{\text{см}} = 1,07 \div 1,95$.

$q_{\text{х}}$, $q_{\text{ст}}$ – добовий норматив витрати палива, т/діб.

Ц_m – ціна 1 тонни палива, включаючи витрати на бункерування.

Розраховуємо загальні перемінні витрати за рейс

$$\Sigma R_{\text{пер.р.}}^{\text{рейс}} = (R_{\text{х.с.}} \times t_{\text{х.р.}}) + (R_{\text{ст.с.}} \times t_{\text{ст.р.}}),$$

$$\Sigma R_{\text{пер.р.}}^{\Phi} = (18480 + 1705) \times 10,9 + 3696 \times 1,9 = 247224 \text{ \$/рейс}$$

11. Знаходимо загальні витрати судна за рейс

$$\Sigma R_{\text{общ.инв.}} = R_{\text{нос. инв.}} + R_{\text{пер. инв.}}$$

$$\Sigma R_{\text{общ.}}^{\Phi} = 660194 + 247224 = 907418 \text{ \$/рейс}$$

12. Розрахуємо прибуток за рейс:

$$\Pi = \Sigma F - \Sigma R$$

$$\Pi^{\Phi} = 1985350 - 907418 = 1077932 \text{ \$/рейс}$$

Прибуток судна т/х «Golden Shiner» из порта Джебел Джанна в порт Сінгапур з вантажем сира нафта за рейс склав 3077932 \\$/рейс.

Якісні показники роботи судна в рейсі розраховуємо за методикою [39]:

1. Знаходимо коефіцієнт використання календарного періоду:

$$K_{\text{з}} = \frac{T_{\text{з}}}{T_{\text{к}}};$$

$$K_{\text{з}}^{\Phi} = 355 / 365 = 0,973$$

2. Коефіцієнт завантаження судна $K_{\text{заг}}$ визначається на момент виходу

судна з порту

$$\alpha_{\text{з}} = \frac{\Sigma Q}{\Sigma D_{\text{ч}}};$$

$$\alpha_{\Phi_3} = 159414 / 166291,6 = 0,959$$

3. Визначаємо коефіцієнт використання вантажопідйомності (це показник якості використання тоннажу):

$$\alpha_{zp.} = \frac{\Sigma Ql}{\Sigma D_{\text{ч}} l};$$

$$\alpha_{\Phi_{\text{гп}}} = 159414 \times 3540 / 166291,6 \times 3540 = 0,959$$

4. Визначаємо коефіцієнт ходового часу (основним показником використання судна в часі для транспортної роботи з переміщення вантажів є питома вага ходового часу в загальному часі рейсу й експлуатаційного періоду):

$$\varepsilon_x = \frac{t_x}{t_p};$$

$$\varepsilon_{\Phi_x} = 11,9 / 12,8 = 0,862$$

5. Знаходимо середньодобову експлуатаційну швидкість судна в рейсі:

$$V_{cp.} = \frac{L}{t_x};$$

$$V_{\Phi_{cp.}} = 3540 / 12,8 = 297 \text{ мили/добу.}$$

6. Розраховуємо продуктивність 1т вантажопідйомності у валову добу експлуатації судна. Валова продуктивність 1 тонни вантажопідйомності показує нам, яку транспортну продукцію в тонно-милях дає в середньому 1т вантажопідйомності за добу експлуатації. Це комплексний показник якості використання палива.

$$\mu_{\Phi} = \alpha_{zp.} \cdot V_{cp.} \cdot \varepsilon_x$$

$$\mu_{\Phi}^{\Phi} = 0,959 \times 297 \times 0,862 = 245,5174 \text{ т-мили/тнж-діб.}$$

7. Розраховуємо валову прибутковість одних судно-діб у нашому рейсі:

$$\mu_{\Phi} = \frac{\Pi}{t_p};$$

$$\mu_{\Phi}^{\Phi} = 1077932 / 13,8 = 223039 \text{ \$/діб.}$$

8. Знайдемо рівень прибутковості в рейсі:

$$PP = \frac{\Sigma F}{\Sigma R};$$

$$PP = 3985350 / 907418 = 4,39$$

9. Розрахуємо собівартість перевезення однієї тони вантажу в рейсі:

$$S_T = \Sigma R / \Sigma Q,$$

$$S_T^{\Phi} = 907418 / 159414 = 5,69 \text{ \$}/\text{т}.$$

10. Розрахуємо собівартість змісту судна в добу експлуатації за виконаний рейс в американських доларах

$$S_{c-c} = \Sigma R / t_p \text{ \$}/\text{діб}$$

$$S_{\text{суд}}^{\Phi} = 907418 / 13,8 = 65755 \text{ \$}/\text{діб}.$$

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	\$	3985350
2	Затрати загальні	R	\$	907418
3	Прибуток	Π	\$	1077932
4	Коефіцієнт ходового часу	ε_x		0,973
5	Середньодобова експлуатаційна швидкість	V_{cp}	милі/доб	297
6	Дохідність судна	μ	\$/ доб	223039
7	Рівень дохідності	PF		4,39
8	Собівартість перевезення 1 т вантажу	S_T	\$/т	5,69
9	Собівартість 1 т-милі	S_{T-M}	\$/т-м	0,0013050
10	Собівартість утримання судна за добу експлуатації	S_{C-C}	\$/доб.	66038

В результаті проведених розрахунків, наведених у таблиці 6.2. слід зазначити, що виконаний рейс є прибутковим. Рівень дохідності 4,39, прибуток 1077932 \$ за рейс. «Golden Shiner» 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

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

Танкер «B. ATLANTIC» чекає дозволу на вхід у порт Балікпапан (Індонезія). Отримано повідомлення про інцидент із зрідженим газом на танкері-хімовозі, що стоїть в районі зовнішнього рейду на якорі. В результаті акту морського тероризму (спроба озброєного захоплення) на танкері-хімовозі була пошкоджена вантажна система. Унаслідок аварії з вантажної ємкості вилилося 10 т сірководню, що є сильнодіючою отруйною речовиною (СДОР). Характер розливу - «вільно».

Метеорологічні умови на момент виникнення надзвичайної ситуації: час 16.00, температура повітря 10⁰, швидкість вітру 6 м/с, вітер зустрічний, суцільна хмарність. Відстань до аварійного танкеру-хімовозу - 1,5 км. Місцевість відкрита, характер – водна поверхня.

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

Запропонувати заходи по зменшенню можливих втрат серед екіпажу та пасажирів судна. Скласти розклад екіпажу з протидії терористичним актам на переході морем.

7.1.2. Оцінка масштабів хімічного зараження території

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

1) Визначення ступеня вертикальної стійкості повітря

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

Таблиця 7.1 - Визначення ступеня вертикальної стійкості повітря за прогнозом погоди

Швидкість вітру, м/с	Час доби					
	день			ніч		
	Наявність хмарності					
	відсутня	середня	суцільна	відсутня	середня	суцільна
> 4,0	ізотермія	ізотермія	ізотермія	ізотермія	ізотермія	ізотермія

2) Розрахунок еквівалентної кількості СДОР у первинній хмарі

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

Розраховуємо еквівалентну кількість $Q_{\text{э1}}$ (т) сірководню в первинній хмарі:

$$Q_{\text{э1}} = K_1 \cdot K_3 \cdot K_5 \cdot K_7^1 \cdot Q_0 = 0,27 \cdot 0,036 \cdot 0,23 \cdot 0,9 \cdot 10 = 0,02 \text{ т,}$$

де: $K_1 = 0,27$ - коефіцієнт, що залежить від умов зберігання СДОР (таблиця 7.2);

$K_3 = 0,036$ - коефіцієнт, що дорівнює відношенню порогової токсодози хлору до порогової токсодози сірководню (таблиця 8.2);

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

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

$Q_0 = 10$ - кількість сірководню, що розлився при аварії, т.

Таблиця 7.2 - Характеристики СДОР і значення допоміжних коефіцієнтів

Таблиця 7.4 - Значення коефіцієнту K_m залежно від впливу характеру місцевості

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

Розраховуємо тривалість вражаючої дії T (год.) сірководню:

$$T = \frac{h \cdot \rho}{K_2 \cdot K_4 \cdot K_7^{II}} + \frac{1}{K_m \cdot v_{II}} = \frac{0,05 \cdot 0,964}{0,042 \cdot 2,67 \cdot 1} + \frac{1}{1 \cdot 35} = 0,46 \text{ год.} = 28 \text{ хв.},$$

де: $K_2 = 0,042$ - коефіцієнт, що залежить від фізико-хімічних властивостей сірководню (таблиця 7.2);

$K_4 = 2,67$ - коефіцієнт, що враховує швидкість вітру (таблиця 7.3);

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

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

$v_{II} = 35$ - швидкість перенесення переднього фронту зараженого повітря, км/год. (таблиця 7.5).

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

Ступень 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						

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

$$Q_{32} = (1-K_1) \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot K_7^{II} \cdot \frac{Q_0}{h \cdot \rho} = 0,73 \cdot 0,042 \cdot 0,036 \cdot 2,67 \cdot 0,23 \cdot 1 \cdot 1 \cdot \frac{10}{0,05 \cdot 0,964} = 0,14 \text{ т},$$

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

4) Визначення глибини і площі зони зараження

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

Для $Q_{31} = 0,02$ т та швидкості вітру $u = 6$ м/с визначаємо глибину зони зараження первинною хмарою сірководню: $\Gamma_1 = 0,2$ км.

Для $Q_{32} = 0,14$ т та швидкості вітру $u = 6$ м/с визначаємо глибину зони зараження вторинною хмарою сірководню: $\Gamma_2 = 0,53$ км.

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

$$\Gamma_{\Sigma} = \Gamma' + 0,5 \cdot \Gamma'' = 0,53 + 0,5 \cdot 0,2 = 0,63 \text{ км} ,$$

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

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

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

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

$$\Gamma = \min \left\{ \begin{matrix} \Gamma_{\Sigma} \\ \Gamma_{\Pi} \end{matrix} \right\} = 0,63 \text{ км}.$$

Таблиця 7.6 - Глибина (км) зони зараження

Швидкість вітру, м/с	Еквівалентна кількість СДОР, т								
	0,01	0,05	0,1	0,5	1	3	5	10	20
1 і менше	0,38	0,85	1,25	3,16	4,75	9,18	12,53	19,20	29,56
2	0,26	0,59	0,84	1,92	2,84	5,35	7,20	10,83	16,44
4	0,19	0,42	0,59	1,33	1,88	3,28	4,36	6,46	9,62
6	0,15	0,34	0,48	1,09	1,53	2,66	3,43	4,88	7,20

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

$$S_{\text{в}} = \pi \cdot \Gamma^2 \cdot \varphi / 360^0 = 3,14 \cdot 0,63^2 \cdot 45^0 / 360^0 = 0,16 \text{ км}^2 ,$$

де: $\Gamma = 0,63$ - 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	$\leq$ 0,5	0,6 - 1	1 , 1 - 2	>2
φ , град	36 0	180	9 0	45

Визначаємо площу зони фактичного зараження $S\phi$ (км²):

$$S\phi = K_8 \cdot \Gamma^2 \cdot N^{0,2} = 0,133 \cdot 0,63^2 \cdot 1^{0,2} = 0,05 \text{ км}^2,$$

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

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

Територія можливого хімічного зараження представляє собою сектор, що має кутовий розмір $\varphi = 45^0$ (таблиця 7.7) і радіус, який дорівнює значенню розрахунковій глибині зони зараження $\Gamma = 0,63$ км. Вершина сектору співпадає з джерелом зараження - місцем розливу сірководню.

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

Розраховуємо глибину зони смертельних уражень Γ_1 (км):

$$\Gamma_1 = \lambda \cdot K_M \cdot \left(\frac{Q_3}{D_1}\right)^\Psi = 1,20 \cdot 1 \cdot \left(\frac{0,16}{6}\right)^{0,537} = 0,17 \text{ км},$$

де: $\lambda = 1,20$; $\Psi = 0,537$ - коефіцієнти, що залежать від швидкості вітру (таблиця 8.8);

$Q_3 = Q_{31} + Q_{32} = 0,02 + 0,14 = 0,16$ – загальна еквівалентна кількість СДОР, що перейшла в первинну і вторинну хмару, т;

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

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

Коефіцієнти	Швидкість вітру (u), м/с							
	1 і м е н ш е							
λ	3 , 7 3							
Ψ	0 , 6 0 6							

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

$$\Gamma_{0,4} = \lambda \cdot K_M \cdot \left(\frac{Q_3}{D_{0,4}} \right)^\Psi = 1,20 \cdot 1 \cdot \left(\frac{0,16}{2,4} \right)^{0,537} = 0,28 \text{ км},$$

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

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

$$\Gamma_{0,2} = \lambda \cdot K_M \cdot \left(\frac{Q_3}{D_{0,2}} \right)^\Psi = 1,20 \cdot 1 \cdot \left(\frac{0,16}{1,2} \right)^{0,537} = 0,4 \text{ км},$$

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

Глибина зони легких уражень відповідає значенню розрахунковій глибині зони зараження $\Gamma = 0,63$ км.

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

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

$$t = \frac{x}{K_m \cdot v_{\Pi}} = \frac{1,5}{1 \cdot 35} = 0,04 \text{ год.} \approx 2,5 \text{ хв.},$$

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

7.1.3. Висновки і рекомендовані заходи для зменшення людських втрат

Проведена оцінка масштабів хімічного зараження району зовнішнього рейду порту Джакарта внаслідок інциденту із зрідженим сірководнем показала, що Танкер «В. ATLANTIC» не потрапляє в зону уражень, загрози для життя членів екіпажу судна немає (глибина поширення зони ураження становить 0,63 км, а відстань до місця аварії - 1,5 км).

Для зменшення імовірних людських втрат пропонується виконати наступні заходи:

- зберігати безпечну відстань до аварійного судна;
- екіпажу протягом часу дії вражаючих концентрацій хмари не рекомендується з'являтися на відкритій палубі судна;
- встановити зв'язок з аварійними службами порту.

7.1.4. Розклад екіпажу з протидії терористичним актам на переході морем

Таблиця 7.9. Розклад екіпажу з протидії терористичним актам на переході морем

Командні пункти, пости	Обов'язки
1	2

ГКП (Головний командний пункт – рульова рубка)	<u>Капітан судна</u> Оцінює обстановку. Оголошує на судні сигнал «Загальносуднова тривога» і голосом команду по судновій трансляції: «Судно до протидії терористам (піратів) приготувати». Здійснює загальне керівництво діями екіпажу з приготування судна до протидії терористам. Керує маневрами судна.
ГКП (Головний командний пункт – рульова рубка)	<u>Старший помічник капітана</u> Прибуває на ГКП. Виконує обов'язки по загальносудновій тривозі. Безпосередньо керує діями екіпажу з приготування судна до протидії терористам. Особисто перевіряє радіозв'язок з береговою владою, рятувально-координаційними центрами, що знаходяться в районі плавання. Інструктує і виставляє додатковий пост зорової вахти спостереження на посту №2 і в кормовому секторі судна (шлюпочна або ютова палуби). Приймає доповіді про готовність постів та командних пунктів до протидії терористам (піратам). Перевіряє готовність створених зон безпеки. Про готовність судна доповідає капітану. Надалі перебуває на ГКП. У темний час доби періодично включає навігаційну РЛС на шкалі 1-3 милі і перевіряє відсутність в районі швидкохідних малорозмірних об'єктів. Діє за вказівкою капітана. При необхідності несе вахту на кермі.
Пост зорового спостереження і зв'язку – ходовий місток, сигнальний місток	<u>Матрос</u> Проводить герметизацію і затемнення судна згідно розкладу по загальносудновій тривозі. Прибуває на пост і готує його для ведення зорового спостереження (отримує бінокль, переносну радіостанцію). Встановлює прожектора таким чином, щоб в темний час доби можна було висвітлювати бортові і кормову частину судна. Про готовність доповідає на ГКП. Веде зорове спостереження у круговому секторі. Про виявлення катерів (плавзасобів), суден доповідає на ГКП. У темний час доби за наказом з ГКП висвітлює виявлені морські цілі прожектором. Діє за наказом з ГКП.

Додатковий пост зорового спостереження – шлюпочна (ютова) палуба	<u>Матрос</u> Перебуває на посту. Веде зорове спостереження За наказом з ГКП убуває в безпечну зону. Проводить герметизацію і затемнення судна згідно розкладу по загальносудновій тривозі. Прибуває на корму шлюпочної (ютової) палуби і готується для ведення зорового спостереження (отримує бінокль, переносну радіостанцію). Про готовність доповідає на ГКП. Веде зорове спостереження у секторі 120⁰ п/б – 180⁰ – 120⁰ л/б. Про виявлення катерів (плавзасобів), судів доповідає на ГКП. Діє за наказом з ГКП.
Пост аварійної партії (АП) - верхній коридор надбудови	<u>Другий штурман, третій механік, старший матрос-моторист, матрос-моторист</u> Проводять герметизацію і затемнення судна згідно розкладу по загальносудновій тривозі. Розносять по судну пожежні шланги і під'єднують пожежні стволи. Перевіряють відсутність з бортів і корми судна звисаючих кінців, кранцев, шторм-трапів і т. п. Задраюють і розкріплюють зсередини задраювання на всіх дверях і люках, які ведуть до безпечної зони. При можливості навішують зовнішні замки. Після виконання зазначених дій командир аварійної партії про готовність доповідає на ГКП по переносній радіостанції. Надалі АП знаходиться у верхньому коридорі надбудови, за наказом з ГКП убуває в безпечну зону.

Примітка: Особовий склад судна, який не зазначений у розкладі, убуває в безпечну зону або діє за наказом з ГКП.

ВИСНОВОК

Даний дипломний проект виконаний для економічного та безпечного переходу з порту Джебель Дханна до порту Сінгапур.

Проведено підбір необхідної літератури, виконана прокладка курсів, розраховане плавання по них і природна освітленість за маршрутом переходу.

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

Вироблено розміщення вантажів в трюмах, виконані розрахунок і перевірка статичної і динамічної остійності за вимогами ІМО.

Проведена перевірка подовжньої міцності судна.

У дослідницькому розділі проведено комплексне дослідження теоретичних основ, технічних засобів і практичних методів визначення полюса повороту (ПП) судна при маневруванні, що є ключовою характеристикою для забезпечення безпечної провідки в обмежених умовах.

Створення нових типів суден, збільшення їх водотоннажності і швидкості, будучи наслідком подальшого розвитку виробничої діяльності світового суспільства, представляють підвищену небезпеку для навколишнього середовища і вимагають адекватної розробки теоретичних знань для вдосконалення теорії судноводіння.

Відсутність єдиного підходу до вивчення і дослідження процесів маневрування, методів врахування даних про динамічні властивості судна при плануванні його руху, а також єдиної концепції організації і функціонування системи управління стримують розвиток нової техніки суднобудування. За обставин, що склалися, дослідження, направлені на вдосконалення теоретичної бази по створенню математичного забезпечення для адаптивних систем управління судном при маневруванні, є актуальними.

Отже, у розділі сформовані теоретичні, технічні та практичні засоби створення сучасної системи визначення полюса повороту та контролю параметрів маневрування, що має важливе значення для підвищення безпеки судноплавства.

Мета і завдання дослідження обумовили структуру роботи, яка складається з вступу, 7 основних розділів, висновків, списку використаних джерел.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Резолюція ІМО А.893 (21) -1999 «Посібник з планування рейсу»
2. Кондрашихін В.Т., Бердінських Б.В., Мальцев А.С., Козир Л.А. Довідник судноводія з навігаційної безпеки мореплавання. – Одеса, 1990.-167с.
3. Рекомендації щодо організації штурманської служби на морських судах України (РШСУ-98).-Одеса: ЮЖНИИМФ, 1998.-111с.
4. Руководство по процедурам на мостике — Bridge Procedure Guide. - International chamber of shipping. 6-те видавництво, 2021 р.
5. 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)
6. Методичні вказівки для виконання магістерської роботи / Укл. І.І. Ворохобін та ін. –Одеса: НУОМА, 2023. – 96 с.
7. Забезпечення навігаційної безпеки плавання [Текст]: навчальний посібник / В. Г. Алексішин, Л. А. Козир, С. В. Симоненко; Одеська морська національна академія. - Одеса: Фенікс; М.: ТрансЛіт, 2012. – 518 с.
8. Практичне судноводіння [Текст]: навч. посібник / В. Г. Алексішин, В. Т. Долгочуб; Одеська морська національна академія. - 4-те вид., Випр. та дод. – О.: Фенікс, 2011. – 376 с.
9. Ніколаєва Л. Л. Комерційна експлуатація судна: навч. [для студ. вищ. навч. зак.] / Л. Л. Ніколаєва. - Одеса: Фенікс, 2006. – 754 с.
10. Савчук В. Д. Технологія перевезення вантажів : підруч. / В. Д. Савчук. – Одеса: ВидавІнформ, 2008. –335 с.
11. Alan Murray. Astro Navigation From Square One To Ocean Master.- M-Y Books, 2013. - 445 p.
12. Практичне судноводіння [Текст]: навч. посібник / В. Г. Алексішин, В. Т. Долгочуб; Одеська морська національна академія. - 4-те вид., Випр. та дод. – О.: Фенікс, 2011. – 376 с.
13. Михальчук В.В. Морська астрономія: конспект лекцій. - Одеса: ОНМА,

2003 - 55с.

14. D.J. House Seamanship Techniques. Shipboard and Marine Operations. 5th Editdion. 2018. - 922 p.
15. Кондрашихін В.Т., Бердінських Б.В., Мальцев А.С., Козир Л.А. Довідник судноводія з навігаційної безпеки мореплавання. – Одеса, 1990.-167с.
16. Adoption of the International Code on Intact Stability, 2008 (2008 IS Code), Resolution MSC.267(85).
17. International Code for the Safe Carriage of Grain in Bulk (International Grain Code). – London: International Maritime Organization, 1991. – 35 p.
18. Правила класифікації та побудови морських суден. В 5-ти т. Том 2. – Київ: Регістр судноплавства України, 2014.
19. Справочник по теории корабля: В трех томах. Том 2. Статика судов. Качка судов/Под ред. Я. И. Войткунского. – Л.: Судостроение, 1985. – 440 с.
20. Сизов В.Г. Теория корабля: Учебник. Издание 4-е., переработанное и дополненное. – Одесса: Фенікс, 2008. – 464 с.
21. Code on Intact Stability for All Types of Ships Covered by IMO Instruments. Resolution A.267(85). -London: International Maritime Organization, 2008. - 109 p
22. Регістр Судноплавства України. Правила класифікації та побудови морських суден.: У 5-ти т. Том 2. - Київ: Регістр судноплавства України, 2016.
23. Мальцев А.С. Методологічні основи маневрування судів при зближенні// А.С. Мальцев, В.В. Голіков., І.В. Сафін., та ін.- Одеса: ОНМА, 2013.-218 с.
24. Мальцев А.С. Маневрування судів під час розбіжності./А.С. Мальцев, Є.Є. Тюпиков, І.І. Ворохобін.//-Одеса.: ОНМА, 2013. – 303 с.
25. Мальцев С.Є. Полюс повороту та його облік при маневруванні морського судна: монографія. / С.Є. Мальцев, О.М. Товстокорий.-Херсон.: ХГМА, 2016. – 124 с.

26. Вагущенко Л.Л. Суднові навігаційно-інформаційні системи/ Л. Л. Вагущенко, А. Л. Вагущенко.// - Одеса: НУОМА, 2016. – 238 с.
27. Мальцев А.С. Інтелектуальні гібридні системи підтримки прийняття рішень під час розбіжності судів. / А.С. Мальцев// Сб. наук. праць НАН України Вип.3. -Київ,2006. –С. 74-86.
28. Вільський Г.Б. Навігаційна безпека при лоцманській проводці судів. / Г.Б. Вільський, А.С. Мальцев, В.В. Бездольний, Є.І. Гончаров// Під ред. А. С. Мальцева, Г. Б. Вільського. - Одеса -Миколаїв: Фенікс, 2007. – 456 с.
29. Дьомін С.І. Запитання управління морського судна. - Рекламінформбюро, 1975. -75с.
30. Алексішин В.Г., Козир Л.А., Короткий Т.Р. Міжнародні та національні стандарти безпеки мореплавання. – Одеса: Латстар, 2002. – 257 с.
31. Бурмака І.О. Управління судами у ситуації небезпечного зближення / І.О Бурмака., Е.Н П'ятаков., А.Ю. Булгаков - LAP LAMBERT Academic Publishing, - Саарбрюккен (Германия), – 2016. - 585 с.
32. Krishnankutty P. and Varyani K. S. Force on the mooring lines of a ship due the hydrodynamic interaction effects of a passing ship // Int. Shipbuild. Progr.– 2004.– 51, N 1.– P. 33-57.
33. Войткунський Я.І. Опір руху суден. 2-ге вид., перераб. та дод.: Суднобудування, 1988. - 288 с.
34. Інтернет ресурси: <https://sea-man.org/yakornaya-stoyanka.html>
35. International Association of Classification Societies. [Requirements concerning Polar Class](#)
36. <https://unctad.org/en/pages/> - Review of Maritime Transport 2018 (Огляд морського транспорту)
37. Вінніков В.В. Економіка підприємства морського транспорту (економіка морських перевезень): - 3 видавництва, перероб. дод. - О.: Фенікс, 2011. – 944 с.
38. 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.

39. Сотниченко Л.Л., Бабаченко М.В. Економіка водного транспорту: методичні вказівки розрахункової роботи. – Одеса: НУ «ОМА», 2017, с. 20.
40. Б. І. Гуменюк. Міжнародна морська організація // Українська дипломатична енциклопедія: У 2-х т./Редкол.:Л. В. Губерський (голова) та ін. — К.:Знання України, 2004 — Т.2 — 812с. ISBN 966-316-045-4
41. Манільські поправки до Кодексу з підготовки і дипломування моряків та несення вахти (ПДНВ) [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/896_052
42. Міжнародна конвенція щодо запобігання забруднення моря з суден (МАРПОЛ 73/78) -International Convention for the Prevention of Pollution from Ships (MARPOL 73/78)
43. 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.